

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-123461

(43)Date of publication of application : 15.05.1998

(51)Int.Cl.

G02B 27/22
H04N 13/04

(21)Application number : 09-267932

(22)Date of filing : 12.09.1997

(71)Applicant : SHARP CORP

(72)Inventor : RICHARD ROBERT MOSLEY
GRAHAM JOHN WOODGATE
ADRIAN JACOBUS
JONATHAN HAROLD
DAVID EZURA

(30)Priority

Priority number : 96 9619097

97 9702259

97 9713985

Priority date : 12.09.1996

04.02.1997

03.07.1997

Priority country : GB

GB

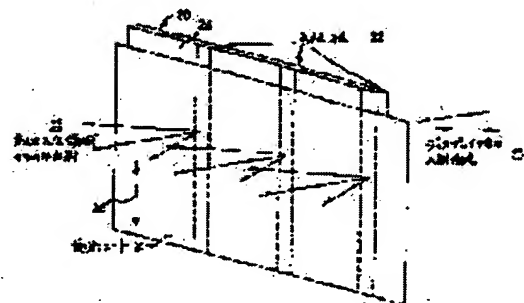
GB

(54) PARALLAX BARRIER, DISPLAY, PASSIVE POLARIZATION MODULATION OPTICAL ELEMENT AND METHOD FOR FORMING RELEVANT ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the occurrence of an undesirable visual arch fact by providing a polarization modulation layer changing polarization of transmission light and a polarizer passing light having specified polarization through according to a mode.

SOLUTION: This element is provided with the polarization modulation layer 20 and the polarizer in the shape of a polarizing sheet 21. The polarization modulation layer 20 is provided with an opening part area 22 being the shape of a slit area and constituted so as to 90° rotate linear polarization 23 of incident light, and the opening part area 22 is separated by a barrier area 24. Then, the opening part area 22 supplies the light having second polarization when it receives the light having first polarization, and the barrier area 24 supplies the light having third polarization when it receives the light having the first polarization, and at least one side between the opening part area 22 and barrier area 24 rotates the polarization of the transmission light. Further, the polarizer transmits the light having the second polarization through in a first mode, and blocks the light having the third polarization, and transmits the light having the third polarization through in a second mode.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.08.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3452472

[Date of registration] 18.07.2003

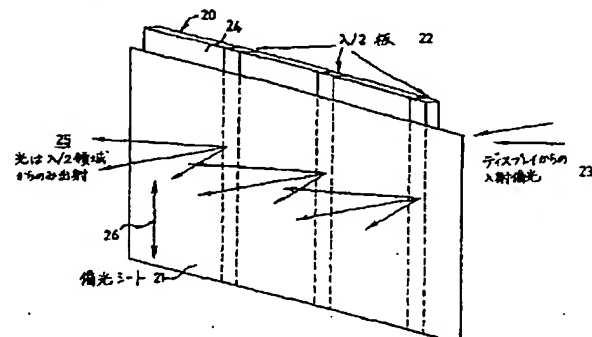
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出願公開番号



【特許請求の範囲】

【請求項1】 バリヤ領域によって隔てられた開口部領域を有する偏光変調層であって、該開口部領域は第1の偏光を有する光を受け取ったときに第2の偏光を有する光を供給し、該バリヤ領域は該第1の偏光を有する光を受け取ったときに該第2の偏光とは異なる第3の偏光を有する光を供給し、該開口部領域および該バリヤ領域のうち少なくとも一方はその通過光の偏光を変える、偏光変調層と、

第1のモードまたは第2のモードで選択的に動作し得る偏光子であって、該第1のモードにおいては該第2の偏光を有する光を通過させかつ該第3の偏光を有する光をブロックし、該第2のモードにおいては該第3の偏光を有する光を通過させる偏光子と、
を有する、バラックスバリヤ。

【請求項2】 前記開口部領域は平行かつ長手方向に延びるスリット領域を有している、請求項1に記載のバラックスバリヤ。

【請求項3】 前記偏光子は均一な偏光子である、請求項1または2に記載のバラックスバリヤ。

【請求項4】 前記第3の偏光は、前記第2の偏光に対して直交方向である、前記請求項のいずれかに記載のバラックスバリヤ。

【請求項5】 前記第1、第2および第3の偏光は直線偏光である、前記請求項のいずれかに記載のバラックスバリヤ。

【請求項6】 前記開口部領域は光の偏光を回転させるように構成され、前記バリヤ領域は光の偏光を回転させないように構成されることにより、前記第3の偏光は前記第1の偏光と同一である、請求項5に記載のバラックスバリヤ。

【請求項7】 前記開口部領域はリターダを含む、請求項6に記載のバラックスバリヤ。

【請求項8】 前記開口部領域は1/2波長板を含む、請求項7に記載のバラックスバリヤ。

【請求項9】 前記開口部領域は偏光回転導波路を含む、請求項6に記載のバラックスバリヤ。

【請求項10】 前記偏光変調層は1/2波長板を有しており、前記開口部領域が前記第1の偏光に対してほぼ+45°または-45°に位置合わせされた光学軸を有しており、前記バリヤ領域が該第1の偏光にほぼ平行に位置合わせされた光学軸を有している、請求項8に記載のバラックスバリヤ。

【請求項11】 前記偏光子は、前記第2のモードにおいて前記第2の偏光を通過させる、前記請求項のいずれかに記載のバラックスバリヤ。

【請求項12】 前記偏光子は、前記第2のモードにおいて前記偏光変調層を通る光路から除去可能である、前記請求項のいずれかに記載のバラックスバリヤ。

【請求項13】 前記偏光子は、前記第1のモードにお

いて観察者によって着用される眼鏡を含む、請求項10に記載のバラックスバリヤ。

【請求項14】 前記偏光子は、前記第1モードの動作および前記第2モードの動作のためのそれぞれ第1の位置または第2の位置の間を、前記偏光変調層にほぼ垂直な軸のまわりにはほぼ90°回転可能である、請求項1から9のいずれかに記載のバラックスバリヤ。

【請求項15】 前記偏光子は、
偏光層と、
非遅延モードおよび1/4波長の回転を与える遅延モードとの間で切り替え可能な遅延層とを有している、
請求項1から9のいずれかに記載のバラックスバリヤ。

【請求項16】 前記偏光子は、
偏光層と、
散乱脱偏光モードおよび非散乱非脱偏光モードを有する切り替え可能な散乱器とを有している、
請求項1から9のいずれかに記載のバラックスバリヤ。

【請求項17】 前記散乱器は前記偏光層と前記偏光変調層との間に設けられている、請求項16に記載のバラックスバリヤ。

【請求項18】 前記偏光変調層は前記偏光層と前記散乱器との間に設けられている、請求項16に記載のバラックスバリヤ。

【請求項19】 前記偏光変調層と前記偏光子との間に設けられ、該偏光変調層に取り付けられた第1の1/4波長板と、
該第1の1/4波長板と該偏光子との間に設けられ、該偏光子に取り付けられた第2の1/4波長板とを有しており、
該第1および第2の1/4波長板はほぼ直交する光学軸を有している、
前記請求項のいずれかに記載のバラックスバリヤ。

【請求項20】 前記請求項のいずれかに記載のバラックスバリヤと、
前記第1の偏光を有する光を前記偏光変調層に供給する空間的光変調子と、を有するディスプレイ。

【請求項21】 前記空間的光変調子は発光素子である、請求項20に記載のディスプレイ。

【請求項22】 前記空間的光変調子は、光を選択的に減衰させ、光源と組み合わせられている、請求項20に記載のディスプレイ。

【請求項23】 前記空間的光変調子は液晶装置を含む、請求項22に記載のディスプレイ。

【請求項24】 請求項1から19のいずれかに記載のバラックスバリヤと、
前記偏光子に光を供給するための光源と、
前記開口部領域からの光を通過させる入力偏光子を有する空間的光変調子と、

を有するディスプレイ。

【請求項25】 前記空間的光変調子は液晶装置を含む、請求項24に記載のディスプレイ。

【請求項26】 第1の偏光を有する光を供給する第1のモードまたは非偏光を供給する第2のモードで選択的に動作可能な光源と、
バリヤ領域によって隔てられた開口部領域を有する偏光変調層であって、該開口部領域は該第1の偏光を有する光を受け取ったときに第2の偏光を有する光を供給し、該バリヤ領域は該第1の偏光を有する光を受け取ったときに該第2の偏光とは異なる第3の偏光を有する光を供給する、偏光変調層と、
該第2の偏光を有する光を透過させかつ該第3の偏光を有する光をブロックする入力偏光子を有する空間的光変調子と、
を有する、ディスプレイ。

【請求項27】 前記開口部領域は平行かつ長手方向に延びるスリット領域を有している、請求項26に記載のディスプレイ。

【請求項28】 前記光源は、前記第1のモードで動作する偏光化光源および、前記第2のモードで動作する非偏光化光源を有している、請求項26または27に記載のディスプレイ。

【請求項29】 前記偏光化光源は、偏光子を介して第1の光導波路に光を供給するように構成された少なくとも1つの第1の発光素子を有する、請求項28に記載のディスプレイ。

【請求項30】 前記非偏光化光源は、第2の光導波路に光を供給するように構成された少なくとも1つの第2の発光素子を有しており、前記第1および第2の光導波路のうち一方は、該第1および第2の光導波路のうち他方を介して光を供給するように構成されている、請求項29に記載のディスプレイ。

【請求項31】 前記光源は、
少なくとも1つの発光素子と、
光導波路と、
前記第1のモードにおいては該発光素子の各々と該光導波路との間の光路中に位置し、前記第2のモードにおいては該光路外に位置する、偏光子と、
を有する請求項26または27に記載のディスプレイ。

【請求項32】 バリヤ領域によって隔てられた開口部領域を有する偏光変調層であって、該開口部領域は第1の偏光を有する光を受け取ったときに第2の偏光を有する光を供給し、該バリヤ領域は該第1の偏光を有する光を受け取ったときに該第2の偏光とは異なる第3の偏光を有する光を供給する、偏光変調層と、
該第2の偏光を有する光を透過させかつ該第3の偏光を有する光をブロックする入力偏光子を有する空間的光変調子と、
光源と、

該光源から該第1の偏光を有する光を供給する偏光領域および、該光源からの光を透過する非偏光領域を有するマスクと、

該マスクと協働して、該偏光領域からの光を該空間的光変調子を介して第1の観察領域に導き、かつ該非偏光領域からの光を該空間的光変調子を介して第2の観察領域に導くパララックス部材と、
を有する、ディスプレイ。

【請求項33】 前記第1および第2の観察領域を移動させるために、前記マスクは前記パララックス部材に対して相対的に移動可能である、請求項32に記載のディスプレイ。

【請求項34】 前記パララックス部材は、視差発生要素のアレイを有している、請求項32または33に記載のディスプレイ。

【請求項35】 前記開口部領域は、平行かつ長手方向に延びるスリット領域を有している、請求項32から34のいずれかに記載のディスプレイ。

【請求項36】 前記視差発生要素の各々は、前記スリット領域に対してほぼ直交する軸を有する光学的円柱である、請求項35に記載されたとおりの請求項36に記載のディスプレイ。

【請求項37】 前記アレイはレンチキュラスクリンを含む、請求項34または36に記載のディスプレイ。

【請求項38】 前記偏光領域および非偏光領域は、横方向に延びるストリップを含む、請求項32から37のいずれかに記載のディスプレイ。

【請求項39】 前記マスクはさらに、前記非偏光領域から前記偏光領域を少なくとも部分的に隔てる不透明領域を有する、請求項32から38のいずれかに記載のディスプレイ。

【請求項40】 前記第3の偏光は前記第2の偏光に対して直交方向である、請求項26から39のいずれかに記載のディスプレイ。

【請求項41】 前記第1、第2および第3の偏光は直線偏光である、請求項26から40のいずれかに記載のディスプレイ。

【請求項42】 前記開口部領域は光の偏光を回転させるように構成され、前記バリヤ領域は光の偏光を回転させないように構成されることにより、前記第3の偏光は前記第1の偏光と同一である、請求項41に記載のディスプレイ。

【請求項43】 前記開口部領域はリターダを含む、請求項42に記載のディスプレイ。

【請求項44】 前記開口部領域は1/2波長板を含む、請求項43に記載のディスプレイ。

【請求項45】 前記開口部領域は偏光回転導波路を含む、請求項42に記載のディスプレイ。

【請求項46】 複屈折性材料の層を有するパッシブ型

偏光変調光学素子であって、
該複屈折性材料の層は、実質的に固定された複屈折性を有し、第1の方向に位置合わせされた光学軸を有する少なくとも1つの第1のリターダと、該第1の方向と異なる第2の方向に位置合わせされた光学軸を有する少なくとも1つの第2のリターダとを有する、
パッシブ型偏光変調光学素子。

【請求項47】 前記少なくとも1つの第1のリターダは、複数の第1のリターダを有しており、前記少なくとも1つの第2のリターダは、複数の第2のリターダを有しており、該第1および第2のリターダは、規則的なアレイを構成する、請求項46に記載の素子。

【請求項48】 前記第1および第2のリターダは、交互に繰り返す第1および第2のストリップを有している、請求項47に記載の素子。

【請求項49】 前記第1のストリップは第1の幅を有し、前記第2のストリップは、該第1の幅より小さい第2の幅を有する、請求項48に記載の素子。

【請求項50】 前記第1および第2のリターダは、 $(2m+1)\lambda/2$ の遅延を有しており、 m は整数であり、 λ は可視光の波長である、請求項46から49のいずれかに記載の素子。

【請求項51】 前記第2の方向は、前記第1の方向に対してほぼ 45° である、請求項46から50のいずれかに記載の素子。

【請求項52】 前記複屈折性層は配向層の上に設けられており、該配向層は、前記第1および第2のリターダにそれぞれ対応しかつ第1および第2の配向方向をそれぞれ有する、第1および第2の領域を有している、請求項46から51のいずれかに記載の素子。

【請求項53】 前記複屈折性材料は、反応性メソゲンを含んでいる、請求項46から51のいずれかに記載の素子。

【請求項54】 請求項46から53のいずれかに記載の素子と、
前記第1の光学軸に対して所定の角度で偏光された光を通過させる直線偏光子と、
を有する光学装置。

【請求項55】 前記所定の角度はほぼゼロに等しい、請求項54に記載の装置。

【請求項56】 前記偏光子は、更なる装置の一部をなす、請求項54または55に記載の装置。

【請求項57】 前記更なる装置は液晶装置である、請求項56に記載の装置。

【請求項58】 パッシブ型偏光変調光学素子を作成するための方法であって、
配向層を形成する工程と、
該配向層の少なくとも1つの第1の領域に第1の配向方向を与える工程と、
該配向層の少なくとも1つの第2の領域に該第1の配向

方向と異なる第2の配向方向を与える工程と、
該配向層の上に、該配向層によって配向された光学軸を有する複屈折性材料の層を設ける工程と、
該複屈折性材料の層の該光学軸を固定する工程と、
を包含する方法。

【請求項59】 前記少なくとも1つの第1の領域は、複数の第1の領域を有しており、前記少なくとも1つの第2の領域は、複数の第2の領域を有しており、該第1および第2の領域は、規則的なアレイを構成する、請求項58に記載の方法。

【請求項60】 前記第1および第2のリターダは、交互に繰り返す第1および第2のストリップを有している、請求項59に記載の方法。

【請求項61】 前記第1のストリップは第1の幅を有し、前記第2のストリップは、該第1の幅より小さい第2の幅を有する、請求項60に記載の方法。

【請求項62】 前記複屈折性材料の層は、 $(2m+1)\lambda/2$ の遅延を提供する厚さを有しており、 m は整数であり、 λ は可視光の波長である、請求項58から61のいずれかに記載の方法。

【請求項63】 前記第2の方向は、前記第1の方向に対してほぼ 45° である、請求項58から62のいずれかに記載の方法。

【請求項64】 前記複屈折性材料は、反応性メソゲンを含んでいる、請求項58から63のいずれかに記載の方法。

【請求項65】 前記固定する工程は照射によって行われる、請求項58から64のいずれかに記載の方法。

【請求項66】 前記固定する工程は紫外線照射によって行われる、請求項65に記載の方法。

【請求項67】 前記配向層はポリイミドを含む、請求項58から66のいずれかに記載の方法。

【請求項68】 前記配向層の全体に前記第1の配向方向が与えられ、その後該第2の領域の各々が前記第2の配向方向を有するように変更される、請求項58から67のいずれかに記載の方法。

【請求項69】 前記配向層は第1のラビング方向にラビングされ、該配向層は該第2の領域の各々が露出するようにマスクされ、該第2の領域の各々は第2のラビング方向にラビングされる、請求項68に記載の方法。

【請求項70】 前記配向層は直線状に光重合可能なポリマーを含み、該配向層は該第1の領域の各々が露出するようにマスクされ、該第1の領域の各々は第1の直線偏光を有する放射に曝され、該配向層は該第2の領域の各々が露出するようにマスクされ、該第2の領域の各々は該第1の直線偏光と異なる第2の直線偏光を有する放射に曝される、請求項58から67のいずれかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パッシブ型偏光変調光学素子および、そのような素子を備えた光学装置に関する。本発明はまた、パッシブ型偏光変調光学素子を作成するための方法に関する。そのような素子は、例えば自動立体タイプ等の3次元(3D)ディスプレイに使用し得る。そのようなディスプレイは、ゲーム機器、コンピュータ用モニタ、ラップトップディスプレイ、ワークステーションならびに、医療、設計または建築用途の業務用イメージングに用い得る。

【0002】本発明は、パララックスバリヤおよびディスプレイに関する。このようなディスプレイは、切り替え可能な2次元(2D)/3次元(3D)として用いることができ、ゲーム機器、コンピュータ用モニタ、ラップトップディスプレイ、ワークステーションならびに、医療、設計または建築用途の業務用イメージングに用い得る。

【0003】

【従来の技術】通常の視界において、人間の2つの目は、空間的に離れて頭部に位置していることから、2つの異なる視点から見た世界の眺め(ビュー)を知覚している。これらの2つの視点は次に、風景中の様々な物体への距離を見積もるために脳によって用いられる。効率的に3Dイメージを表示するディスプレイを提供するためには、この状況を再現し、いわゆる「立体イメージ対(stereoscopic pair of images)」を構成するイメージを、観察者の両眼に1つずつ供給することが必要である。

【0004】大部分の3Dディスプレイは、異なるビューを目に供給するためにどの技術を用いるかに基づいて、2つのタイプに分類され得る。「立体(stereoscopic)」ディスプレイは典型的には、広い観察領域にわたってイメージの両方を表示する。しかし、ビューの各々は、例えば色、偏光状態または表示時刻によってエンコードされているため、観察者が着用する眼鏡状のフィルタシステムによってこれらのビューを分離し、各々の目が対応するビューのみを見ることを許可するように試みている。

【0005】「自動立体(autostereoscopic)」ディスプレイは、観察者が視覚的補助具を着用することを必要としない。かわりに、2つのビューは空間上の規定された領域からしか見えない。ディスプレイのアクティブ領域の全体にわたってあるイメージを見ることができる空間領域を、「観察領域」と呼ぶ。一方の目が一方の観察領域内にありかつ他方の目が他方の観察領域内にあるように観察者が位置するとき、正しいビューのセットが見られ、3Dイメージが知覚される。

【0006】「フラットパネル」タイプの自動立体ディスプレイにおいて、観察領域は、ディスプレイの画素構造と、通常パララックス部材(parallax optic)と呼ばれる光学素子との組み合わせによって形成される。そのよ

うな光学部材の一例としてパララックスバリヤがある。この素子は、不透明領域によって隔たれた垂直な透光性スリットを有する、スクリーンである。このタイプのディスプレイを図1に示す。液晶型の空間光変調子(SLM)1は、1対のガラス基板2と、その間に挟持された、液晶層ならびに関連電極および配向層を有している。バックライト3は、SLM1を背後から照明し、パララックスバリヤ4は、SLM1の前面に設けられている。【0007】SLM1は、画素開口部の2Dアレイを有している。画素は、ギャップ6によって分離された列状(5)に構成されている。パララックスバリヤ4は、画素列5の水平ピッチの整数倍に近い水平ピッチを有する、垂直方向に延びたスリット7を有しており、各スリットに対して画素列のグループが対応している。図1に示すように、列1、2および3として示す画素列は、パララックスバリヤ4の各スリット7に対応付けられている。

【0008】パララックスバリヤ4のようなパララックス部材の機能は、画素を透過する光を、所定の出力角度に制限することである。この制限は、対応するスリットの後部に位置する各画素列の視野角を、規定する。各画素の視野角度範囲は、画素幅および画素を含む平面とパララックス部材との間の隔たりによって、決定される。図1に示すように、各スリット7に対応する3つの列5は、各観察ウィンドウから見られ得る。

【0009】図2は、SLM1およびパララックスバリヤ4から生成される角度ゾーンを示している。図2においてパララックスバリヤのスリットは、画素列ピッチの正確な整数倍に等しい水平ピッチを有している。この場合、ディスプレイ表面横方向上の異なる位置からの角度ゾーンは互いに混ざりあい、イメージ1またはイメージ2だけを純粋に観察し得るゾーンは存在しない。このように、観察者の目の各々は、ディスプレイ全体にわたって1つだけのイメージを見ることはなく、むしろ、ディスプレイ表面上の異なる領域において異なるスライス状イメージを見ることになる。この問題を解決するために、パララックス部材のピッチをわずかに減少させ、角度ゾーンが、ディスプレイ前面の所定の平面上(一般に「ウィンドウ平面」として知られる)に集光するようにする。このパララックス部材のピッチの変化を、観察ポイント補正(view point correction)と呼び、図3にその原理を示す。ウィンドウ平面を8として示し、その結果得られる観察領域を、実質的に円状の形状を有する観察領域9および10として示している。観察者の左右の目がそれぞれ観察領域9および10内に維持されるとすれば、各々の目はディスプレイ全体にわたって対応する1つのイメージのみを見ることになり、その結果として観察者は3D効果を知覚することができる。

【0010】ウィンドウ平面8は、ディスプレイの最適観察距離を規定する。この平面内に両目が位置するよう

な場所にいる観察者は、ディスプレイの最高の性能を享受することができる。目がこの平面内において横方向に移動する際、ディスプレイ上のイメージは、両目が観察領域9および10の端部に達するまで維持され、一方の目が隣接する観察領域内に移動する際、表示全体が素早く次のイメージに変わる。各観察領域内のウィンドウ平面の線を、一般に「観察ウィンドウ」と呼ぶ。

【0011】図4に示す自動立体ディスプレイは、パララックスバリヤ4がSLM1の背面に設けられている点において図1に示すものとは異なっている。この構成は、バリヤ4がSLM1の背後に設けられているため、損傷を受けにくいという利点を有する。また、パララックスバリヤ4背面の不透明部分を反射性にしてスリットに入射しない光を再利用することにより、ディスプレイの光効率率が改善され得る。

【0012】パララックスバリヤ4とSLM1との間に、切り替え可能散乱器11が示されている。このような散乱器は、低散乱状態すなわち実質的な透明状態と高散乱状態との間で切り替え可能な、高分子分散型液晶を有するものであってもよい。低散乱状態においては、ディスプレイは前述のように自動立体3Dディスプレイとして動作する。散乱器が高散乱状態に切り替えられると、光線が散乱器を通過する際に屈曲され、均一な分布、すなわち「ランベルト分布」(Lambertian distribution)を形成し、パララックスバリヤ4の効果を無効にして、観察領域を形成させなくする。従ってこのモードにおいて、ディスプレイは従来の2Dディスプレイとして働くが、SLM1のフル空間的解像度を2Dイメージの表示のために利用することが可能になる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】前述の各ディスプレイにおいて、その基本原理は、SLM1の全画素の1部分集合が、任意の時刻において各々の目によって観察され得ることである。従って、観察領域において呈示された各ビューは、SLM1のフル解像度の1部分のみを使用する。典型的な2ビュー空間多重型自動立体ディスプレイにおいては、各々の目はフル解像度の半分のみイメージしか知覚し得ない。3ビューシステムにおいては、各々の目の解像度は1/3でしかない。従って、複雑で小さなキャラクター、例えば文字およびイメージ中の詳細部などは、悪影響を受け得る。詳細な2D情報の表示時においてSLM1のフル解像度が各々の目に観察されるようにするためには、パララックスイメージングシステムをオフにするあるいは無効にできるような何らかの手段をディスプレイ中に設けることが望ましい。図4に示す切り替え可能散乱器11はそのような切り替えを提供するものであるが、これはディスプレイのコストおよび複雑さを増す結果となる。

【0014】US 2 631 496号に、単一の画像(picture)に基づいた自動立体ディスプレイが開示されている。こ

のディスプレイにおいては、交互に垂直に方向付けられた偏光子のストライプを有する偏光素子によって、パララックス素子が提供されている。この偏光素子は、垂直列状に直交する偏光によってエンコードされた左右ビューからなるイメージと、作用する。イメージストリップ列毎に、エンコーディング状態が交替する。この結果、偏光素子は、パララックスバリヤと同様に機能するが、マーク/スペース比(すなわち各実効スリット幅対各実効不透明領域の比)が、実質的に1に等しい。この結果、比較的高いクロストークが生じ、観察者にとっては観察自由度が低い。このような構成は、イメージアーチファクトが発生することなしには、フル解像度での2D観察モードを可能にし得ない。

【0015】Proc. SPIE vol. 2177, p.181 「Novel 3D Steroscopic Imaging Technology」、S.M. Faris、1994に、外部マイクロ偏光子を使用することによって、立体ディスプレイとしても自動立体ディスプレイとしても動作し得るディスプレイが、開示されている。特に、2つのマイクロ偏光子シートが空間的に多重されたイメージ上方に設けられており、移動することによって立体観察および自動立体観察の間を切り替わる。このような構成は、高解像度の2D観察モードを提供し得ない。

【0016】E. Nakayamaら、「2D/3D Compatible LCD Display without Special Glasses」、Proc. 第3回Internal Display Workshops vol.2, pp.453-456、1996に、図4に示した後部パララックスバリヤタイプと同様な3Dディスプレイが開示されている。切り替え可能な散乱器が図4に示す構成と同様にパララックスバリヤとSLMとの間に設けられていることにより、このディスプレイはフル解像度の2Dモードで動作することができる。

【0017】2Dモードにおける観察ウィンドウの形成を無くすためには、散乱器による散乱は、パララックスバリヤが観察者に見えることを完全に回避できなければならない。しかし、自動立体3Dモードが効果的であるためには、パララックスバリヤのスリット間のギャップは、強い消光効果を提供できなければならない。これらの要請は両立困難であり、切り替え可能散乱器が強力な背面散乱を起こすか(この結果ディスプレイの透過性が実質的に低減する)、パララックスバリヤの観察者側を反射性にすることによって(この結果3Dイメージが損なわれる)しか克服され得ない。更に、背面反射層をパララックスバリヤに設けることによって光を再利用して輝度を改善し得るが、観察者が受け取る光の全てがパララックスバリヤのスリットを通過しなければならず、2Dモードにおいて表示輝度が低下する。典型的には、パララックスバリヤのマーク/スペース比は、2:1であり、バックライトからの光の1/3のみしかディスプレイを透過しない。反射層によってこれを改善し得るが、ディスプレイがフル輝度に回復できるわけではない。また、切り替え可能散乱器における背面散乱は、2Dモー

ドにおける表示輝度を低下させる。切り替え可能散乱器が高散乱モード動作時において強く背面散乱するように設計されている場合、低散乱モードにおいて3Dディスプレイ装置のクロストークが増大しないために必要な、低レベルの散乱を達成することが困難になる。

【0018】J.B. Eichenlaub、Proc. SPIE 2177、「An Autostereoscopic Display with High Brightness and Power Efficiency」、1994に、切り替え可能な散乱器あるいはランプのアレイを用いてフル解像度の2Dモードに切り替えられ得る、背面バラックスバリヤタイプの3Dディスプレイが開示されている。しかし、このような構成は、上記の欠点を有する。更に、そのようなディスプレイの光学系は、バックライト構造の厚みが2cm未満である現在のフラットパネルディスプレイシステムのスリムな設計には、適さない。

【0019】US 5 234 964号に、背面バラックスバリヤタイプのパッシブディスプレイが開示されている。このディスプレイは、立体観察モードと自動立体観察モードとの間で切り替えが可能である。背面バラックスバリヤは、間にネマチック液晶層を挟持した、2つのマイクロ偏光子を有する。マイクロ偏光子内において、偏光領域および非偏光領域が位置あわせされており、液晶が非アクティブ状態にあり光の偏光に影響をおよぼさないときは、イメージを立体視するためには偏光眼鏡を着用しなければならない。対して、液晶がアクティブ状態にあり光の偏光を90°回転させるときは、マイクロ偏光子の位置あわせされた偏光領域が光をブロックし、背面バラックスバリヤが形成されることによって、イメージを自動立体視することができる。

【0020】ディスプレイが2Dモードにあるとき、光は入力マイクロ偏光子の偏光領域および非偏光領域の両方から液晶層に入射する。偏光領域は、非偏光領域よりも実質的に低い透過性を有し、この結果ディスプレイの照明強度(illumination)にモアレ効果が生じる。このため、ディスプレイの照明強度が縞状になり、観察者が移動するにつれて照明強度がちらつく。2Dイメージの表示状態は従って非常に悪い。更に、ある偏光方向に対応付けられたイメージ画素は、それに直交する偏光方向のバリヤ領域からの光を透過しない。このことは、照明強度のさらなる不均一をもたらし、垂直画素線が曖昧になる。

【0021】上記装置の3Dモードにおいては、入射光の波長に応じて変化する偏光変化のために、不透明領域が着色されて、実質的な量の光が透過してしまう。偏光は、1つの「設計」波長でのみ、90°の回転を受ける。他の波長においては回転はおおよそになる。この結果、かなりのレベルのクロストークが生じ、3Dイメージの品質が悪くなる。また、バリヤのマーク/スペース比は1:1であり、観察自由度が低下し、クロストークレベルが高くなる。

【0022】「Molecular architectures in thin plastic films by in-situ photopolymerization of reactive liquid crystals」、Phillips SID 95 Digestに、パターン化された光学波長板を作成するための方法が開示されている。

【0023】「Surface induced parallel alignment of liquid crystals by linearly polymerising photopolymers」、Schadtら、Japanese Journal of Applied Physics, vol 31(1992)、p.2155に、偏光された光を用いてポリビニルメトキシシナメートを架橋することによって得られる液晶の光重合に基づいた技術が、開示されている。

【0024】EP 0 689 084号に、配向面および反応性メソゲン層の光学素子としての使用が開示されている。

【0025】US 5 537 144号およびUS 5 327 285号に、フォトリソグラフィー技術による偏光子またはリターダ(遅延器)のパターニングが開示されている。延伸されたPVAのフィルムを、熱く湿気の高い雰囲気中または水性漂白剤を用いてフォトレジストマスクを介して漂白することによって、波長板のアレイを生成している。これにより、材料の特性が変化し、材料の遅延特性が所定の領域において選択的に破壊される。従って、このような技術は、ある領域は互いに平行な光学軸を有するリターダとして作用し、他の領域は実質的に遅延がゼロであるような、単一層からなる素子を提供するためには用い得ない。

【0026】「Four domain TNLCD fabricated by reverse rubbing or double evaporation」Chenら、SID95 Digest, p.865に、アクティブ型液晶装置(LCD)の配向層をダブルラビング処理することを包含する技術の使用が開示されている。液晶配向方向が各画素内において変化することによって、装置の視角特性の改善を可能にしている。

【0027】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、ワイドビューのフル解像度2Dモードおよび指向性3D自動立体モードで動作し、2Dモードにおいてブラックマスクに起因する望ましくない視覚的アーチファクトが発生しないディスプレイを提供することである。

【0028】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の局面によれば、バリヤ領域によって隔てられた開口部領域を有する偏光変調層であって、該開口部領域は第1の偏光を有する光を受け取ったときに第2の偏光を有する光を供給し、該バリヤ領域は該第1の偏光を有する光を受け取ったときに該第2の偏光とは異なる第3の偏光を有する光を供給し、該開口部領域および該バリヤ領域のうち少なくとも一方はその通過光の偏光を回転させる、偏光変調層と、第1のモードまたは第2のモードで選択的に動作し得る偏光子であって、該第1のモードにおいては該第

2の偏光を有する光を通過させかつ該第3の偏光を有する光をブロックし、該第2のモードにおいては該第3の偏光を有する光を通過させる偏光子と、を有するパララックスバリヤが提供され、そのことにより、上記目的が達成される。

【0029】上記のようなパララックスバリヤは、従って、パララックスバリヤモードまたは非バリヤモードで動作し得る。第1の偏光を有する光で照明されたとき、非バリヤモードは実質的に光の全てを透過させるため、3D自動立体ディスプレイに用いられたとき、高輝度を有するフル解像度の2Dモードが提供される。

【0030】前記開口部領域は平行かつ長手方向に延びるスリット領域を有していてもよい。

【0031】前記偏光子は均一な偏光子であってもよい。

【0032】前記第3の偏光は、前記第2の偏光に対して直交方向であってもよい。

【0033】前記第1、第2および第3の偏光は直線偏光であってもよい。

【0034】前記開口部領域は光の偏光を回転させるように構成され、前記バリヤ領域は光の偏光を回転させないように構成されることにより、前記第3の偏光は前記第1の偏光と同一であってもよい。

【0035】上記構成により、バリヤがバリヤモードで用いられたときに、バリヤ領域が最大限の無色消光(achromatic extinction of light)を有することが可能になる。

【0036】前記開口部領域はリターダを含んでもよい。

【0037】前記開口部領域は1/2波長板を含んでもよい。

【0038】前記開口部領域は偏光回転導波路を含んでもよい。

【0039】前記偏光変調層は1/2波長板を有しており、前記開口部領域が前記第1の偏光に対して実質的に $\pm 45^\circ$ または -45° に位置合わせされた光学軸を有しており、前記バリヤ領域が該第1の偏光に実質的に平行に位置合わせされた光学軸を有していてもよい。

【0040】前記偏光子は、前記第2のモードにおいて前記第2の偏光を通過させてもよい。

【0041】前記偏光子は、前記第2のモードにおいて前記偏光変調層を通る光路から除去可能であってもよい。

【0042】偏光子が非常に精度よく位置合わせされていなくても、バリヤモードは効果的であり得る。特に、偏光子は、偏光変調層を覆っており、かつ、層に対して実質的に法線方向に延びる軸に対して適度に正確に位置合わせされているだけでよい。このようにして、偏光子を除去することで非バリヤモードの動作が可能になり、バリヤモードにおいて偏光子を位置合わせするための比

較的単純かつ安価な位置合わせ手段が提供され得る。

【0043】前記偏光子は、前記第1のモードにおいて観察者によって着用される眼鏡を含んでもよい。

【0044】前記偏光子は、前記第1モードの動作および前記第2モードの動作のためのそれぞれ第1の位置または第2の位置の間を、前記偏光変調層に実質的に垂直な軸のまわりに実質的に 90° 回転可能であってもよい。

【0045】前記偏光子は、偏光層と、非遅延モードおよび1/4波長の回転を与える遅延モードとの間で切り替え可能な遅延層とを有していてもよい。

【0046】前記偏光子は、偏光層と、散乱脱偏光モードおよび非散乱非脱偏光モードを有する切り替え可能な散乱器とを有していてもよい。

【0047】前記散乱器は前記偏光層と前記偏光変調層との間に設けられていてもよい。または、前記偏光変調層は前記偏光層と前記散乱器との間に設けられていてもよい。

【0048】前記偏光変調層と前記偏光子との間に設けられ、該偏光変調層に取り付けられた第1の1/4波長板と、該第1の1/4波長板と該偏光子との間に設けられ、該偏光子に取り付けられた第2の1/4波長板とを有しており、該第1および第2の1/4波長板は実質的に直交する光学軸を有していてもよい。偏光変調層と偏光子との間の1/4波長板は、光を円偏光から/に変換し、偏光子の偏光変調層に対する位置合わせの精度要求がさらに低下する。

【0049】本発明の第2の局面によれば、本発明の第1の局面により提供されるバリヤと、前記第1の偏光を有する光を前記偏光変調層に供給する空間的光変調子とを有するディスプレイが提供され、そのことにより上記目的が達成される。

【0050】前記空間的光変調子は、エレクトロルミネセンスディスプレイなどの発光素子であってもよい。または、前記空間的光変調子は、光を選択的に減衰させ、光源と組み合わせられていてもよい。前記空間的光変調子は液晶装置を含んでいてもよい。

【0051】本発明の第3の局面によれば、本発明の第1の局面により提供されるバリヤと、前記偏光子に光を供給するための光源と、前記開口部領域からの光を通過させる入力偏光子を有する空間的光変調子とを有するディスプレイが提供され、そのことにより上記目的が達成される。

【0052】前記空間的光変調子は液晶装置を含んでいてもよい。

【0053】本発明の第4の局面によれば、第1の偏光を有する光を供給する第1のモードまたは非偏光を供給する第2のモードで選択的に動作可能な光源と、バリヤ領域によって隔てられた開口部領域を有する偏光変調層であって、該開口部領域は該第1の偏光を有する光を受

け取ったときに第2の偏光を有する光を供給し、該バリヤ領域は該第1の偏光を有する光を受け取ったときに該第2の偏光とは異なる第3の偏光を有する光を供給する、偏光変調層と、該第2の偏光を有する光を透過させかつ該第3の偏光を有する光をブロックする入力偏光子を有する空間的光変調子とを有する、ディスプレイが提供され、そのことにより上記目的が達成される。

【0054】前記開口部領域は平行かつ長手方向に延びるスリット領域を有していてもよい。前記光源は、前記第1のモードで動作する偏光化光源および、前記第2のモードで動作する非偏光化光源を有していてもよい。前記偏光化光源は、偏光子を介して第1の光導波路に光を供給するように構成された少なくとも1つの第1の発光素子を有していてもよい。前記非偏光化光源は、第2の光導波路に光を供給するように構成された少なくとも1つの第2の発光素子を有しており、前記第1および第2の光導波路のうち一方は、該第1および第2の光導波路のうち他方を介して光を供給するように構成されていてもよい。

【0055】前記光源は、少なくとも1つの発光素子と、光導波路と、前記第1のモードにおいては該発光素子の各々と該光導波路との間の光路中に位置し、前記第2のモードにおいては該光路外に位置する、偏光子と、を有していてもよい。

【0056】本発明の第5の局面によれば、バリヤ領域によって隔てられた開口部領域を有する偏光変調層であって、該開口部領域は第1の偏光を有する光を受け取ったときに第2の偏光を有する光を供給し、該バリヤ領域は該第1の偏光を有する光を受け取ったときに該第2の偏光とは異なる第3の偏光を有する光を供給する、偏光変調層と、該第2の偏光を有する光を透過させかつ該第3の偏光を有する光をブロックする入力偏光子を有する空間的光変調子と、光源と、該光源から該第1の偏光を有する光を供給する偏光領域および、該光源からの光を透過する非偏光領域を有するマスクと、該マスクと協働して、該偏光領域からの光を該空間的光変調子を介して第1の観察領域に導き、かつ該非偏光領域からの光を該空間的光変調子を介して第2の観察領域に導くパララックス部材と、を有するディスプレイが提供され、そのことにより上記目的が達成される。

【0057】前記第1および第2の観察領域を移動させるために、前記マスクは前記パララックス部材に対して相対的に移動可能であってもよい。

【0058】前記パララックス部材は、視差発生要素のアレイを有していてもよい。

【0059】前記開口部領域は、平行かつ長手方向に延びるスリット領域を有していてもよい。

【0060】前記視差発生要素の各々は、前記スリット領域に対して実質的に直交する軸を有する光学的円柱であってもよい。

【0061】前記アレイはレンチキュラススクリーンを含んでもよい。または、前記アレイはパララックスバリヤを含んでもよい。

【0062】前記偏光領域および非偏光領域は、横方向に延びるストリップを含んでもよい。

【0063】前記マスクはさらに、前記非偏光領域から前記偏光領域を少なくとも部分的に隔てる不透明領域を有していてもよい。

【0064】前記第3の偏光は前記第2の偏光に対して直交方向であってもよい。

【0065】前記第1、第2および第3の偏光は直線偏光であってもよい。前記開口部領域は光の偏光を回転させるように構成され、前記バリヤ領域は光の偏光を回転させないように構成されることにより、前記第3の偏光は前記第1の偏光と同一であってもよい。

【0066】前記開口部領域はリターダを含んでもよい。

【0067】前記開口部領域は1/2波長板を含んでもよい。

【0068】前記開口部領域は偏光回転導波路を含んでもよい。

【0069】以上のように、例えばフラットパネルタイプであるディスプレイであって、ワイドビューのフル解像度2Dモードおよび指向性3D自動立体モードで動作し得るディスプレイを、提供することができる。画素開口部が少なくとも部分的にはブラックマスクによって規定されている液晶装置として構成した場合は、2Dモードにおいてブラックマスクに起因する望ましくない視覚的アーチファクトは発生しない。

【0070】偏光変調層のピッチ位置合わせはパララックスバリヤのピッチを決定し、パララックスバリヤのピッチは、典型的には0.1 μm 以内に設定されなければならない。バリヤを空間的光変調子と同様の熱膨張率を有するガラス基板で構成することにより、システムの加熱中のスイッチオン温度および動作温度のずれを最小にし得る。高許容度の位置合わせ工程は、製造中に固定することが可能であり、2Dモードと3Dモードとの間の切り替えに影響されない。当該分野において、このようなディスプレイについて、バリヤの開口部の空間的光変調子に対する位置決めに関して6段階の位置合わせ許容自由度が存在するが、必ずしも設定されていない。除去可能または切り替え可能素子が均一な偏光素子であり得るため、正確な位置合わせは1段階の自由度、すなわちディスプレイ表面に対して法線方向の軸のまわりの回転においてのみ、必要である。他の2つの軸のまわりの回転および空間的位置決めは全て、容易に満たし得る低許容度で設定し得る。このように、機械的組み立てが実質的に単純化され、コスト、サイズ、および重量を低減し得る。

【0071】ディスプレイの異なる領域を独立に切り替

えて、ディスプレイ表面上で3D領域と2D領域とを同時に混在させることができる。

【0072】比較的に単純かつ安価な複屈折素子を用いることにより、クロストークの低いカラー3Dディスプレイが提供される。2Dモードは、同じ観察角度における従来のディスプレイと実質的に同じ輝度を有し得る。従って、従来のディスプレイと同じバックライトを用いることができ、電池寿命および輝度を犠牲にする必要がない。

【0073】外面に抗反射コーティングを施すことによって、反射を低減し、表示コントラストを改善してもよい。そのような追加的な層からの吸収または反射損失は最小限度である。

【0074】観察者追従型ディスプレイに適用した場合、空間的光変調子と偏光変調層との間の相対的な移動によって追従が行われ得る。従って、偏光変調層は、常に機械的システムに固定されたままであってもよい。偏光子を機械的システムに固定する必要は全くなく、従って実装が単純化される。実際、偏光子は偏光変調層の物理的な近傍に実装される必要はなく、観察者によって着用される形の眼鏡として提供されてもよい。

【0075】本発明の第6の局面によれば、複屈折性材料の層を有するパッシブ型偏光変調光学素子であって、該複屈折性材料の層は、実質的に固定された複屈折性を有し、第1の方向に位置合わせされた光学軸を有する少なくとも1つの第1のリターダと、該第1の方向と異なる第2の方向に位置合わせされた光学軸を有する少なくとも1つの第2のリターダとを有する、パッシブ型偏光変調光学素子が提供され、そのことにより上記目的が達成される。

【0076】前記少なくとも1つの第1のリターダは、複数の第1のリターダを有しており、前記少なくとも1つの第2のリターダは、複数の第2のリターダを有しており、該第1および第2のリターダは、規則的なアレイを構成してもよい。前記第1および第2のリターダは、交互に繰り返す第1および第2のストリップを有していてもよい。前記第1のストリップは第1の幅を有し、前記第2のストリップは、該第1の幅より小さい第2の幅を有していてもよい。

【0077】前記第1および第2のリターダは、 $(2m+1)\lambda/2$ の遅延を有しており、 m は整数であり、 λ は可視光の波長であってもよい。

【0078】前記第2の方向は、前記第1の方向に対して実質的に 45° であってもよい。前記複屈折性層は配向層の上に設けられており、該配向層は、前記第1および第2のリターダにそれぞれ対応しかつ第1および第2の配向方向をそれぞれ有する、第1および第2の領域を有していてもよい。

【0079】前記複屈折性材料は、反応性メソゲンを含んでいてもよい。

【0080】本発明の第7の局面によれば、本発明の第6の局面により提供される素子と、前記第1の光学軸に対して所定の角度で偏光された光を通過させる直線偏光子とを有する光学装置が提供され、そのことにより上記目的が達成される。

【0081】前記所定の角度は実質的にゼロに等しくてもよい。

【0082】前記偏光子は、更なる装置の一部をなしてもよい。前記更なる装置は液晶装置であってもよい。

【0083】本発明の第8の局面によれば、パッシブ型偏光変調光学素子を作成するための方法であって、配向層を形成する工程と、該配向層の少なくとも1つの第1の領域に第1の配向方向を与える工程と、該配向層の少なくとも1つの第2の領域に該第1の配向方向と異なる第2の配向方向を与える工程と、該配向層の上に、該配向層によって配向された光学軸を有する複屈折性材料の層を設ける工程と、該複屈折性材料の層の該光学軸を固定する工程とを包含する方法が提供され、そのことにより上記目的が達成される。

【0084】前記少なくとも1つの第1の領域は、複数の第1の領域を有しており、前記少なくとも1つの第2の領域は、複数の第2の領域を有しており、該第1および第2の領域は、規則的なアレイを構成してもよい。

【0085】前記第1および第2のリターダは、交互に繰り返す第1および第2のストリップを有していてもよい。

【0086】前記第1のストリップは第1の幅を有し、前記第2のストリップは、該第1の幅より小さい第2の幅を有していてもよい。

【0087】前記複屈折性材料の層は、 $(2m+1)\lambda/2$ の遅延を提供する厚さを有しており、 m は整数であり、 λ は可視光の波長であってもよい。

【0088】前記第2の方向は、前記第1の方向に対して実質的に 45° であってもよい。

【0089】前記複屈折性材料は、反応性メソゲンを含んでいてもよい。

【0090】前記固定する工程は照射によって行われてもよい。

【0091】前記固定する工程は紫外線照射によって行われてもよい。

【0092】前記配向層はポリイミドを含んでもよい。

【0093】前記配向層の全体に前記第1の配向方向が与えられ、その後該第2の領域の各々が前記第2の配向方向を有するように変更されてもよい。

【0094】前記配向層は第1のラビング方向にラビングされ、該配向層は該第2の領域の各々が露出するようにマスクされ、該第2の領域の各々は第2のラビング方向にラビングされてもよい。

【0095】前記配向層は直線状に光重合可能なポリマーを含み、該配向層は該第1の領域の各々が露出するよ

うにマスクされ、該第1の領域の各々は第1の直線偏光を有する放射に曝され、該配向層は該第2の領域の各々が露出するようにマスクされ、該第2の領域の各々は該第1の直線偏光と異なる第2の直線偏光を有する放射に曝されてもよい。

【0096】上記の光学素子は、例えば、自動立体ディスプレイに使用し得、バララックスバリヤ動作を無効にすることによりそのようなディスプレイが2次元(2D)モードで使用されることを可能にするような、バララックスバリヤを提供するために用い得る。このタイプの装置が、英国特許出願第9713985.1号に開示されている。2Dモード時においては、3Dモードにおいてスリットとして作用する領域と、スリット間の領域との間の光吸収の差を回避することが有利である。そうしなければ、2Dモードにおいて、吸収変化の画素構造またはディスプレイとの干渉(beatting)により、モワレ模様が生成され観察されてしまう。

【0097】本光学素子は、単一のフォトリソグラフィーマスク工程を用いて作成することができるため、製造の複雑さおよび素子コストが減少する。素子を別の基板に接着することによって、素子の光学特性に影響を与えることなくその表面へのダメージを防ぐことができる。素子をガラス基板上に形成すれば、素子の作成に先だって、低コストの抗反射層を基板の反対側の面に設けておくことができる。

【0098】本光学素子は、スピンコーティング、フォトリソグラフィーマスキングおよびラビング技術などの既存のプロセスを用いて製造し得る。このように、本タイプの光学素子は大量にかつ低コストで製造が可能である。本素子は、遅延材料を除去することなしに製造することができるため、表面アーチファクトまたは損傷を引き起こしたり、後に平面化工程を必要とすることなく、容易に作成が可能である。フォトリソグラフィーマスク技術を用いることにより、遅延層を高精度および高解像度で作成することができるため、そのような素子は、観察ポイント補正されたバララックスバリヤにおける使用に適している。更に、高レベルの寸法安定性を有する素子を提供することが可能である。

【0099】

【発明の実施の形態】図面中、同じ参照符号は同じ構成要素を表す。

【0100】図5に示すバララックスバリヤは、偏光変調層20および、偏光シート21の形態である偏光子を有している。偏光変調層20は、平行で細長いスリット領域の形態であり入射光の直線偏光23を90°回転するように構成された、開口部領域22を有している。開口部領域22は、入射光の偏光状態に影響を与えないように構成されたバリヤ領域(24など)によって隔てられている。領域22は、例えば適切に位置合わせされた1/2波長板偏光リターダまたは90°偏光回転器を有

していてもよい。開口部領域22は、バララックスバリヤの所望のピッチで(上述の観察ポイント補正を含めて)設けられており、バララックスバリヤスリットに必要とされる幅を有している。このようなスリットのピッチおよび幅の典型値はそれぞれ、200 μ mおよび50 μ mである。開口部領域22は、入力偏光を90度回転させるように位置合わせされた光学軸を有している。例えば、バララックスバリヤが薄膜トランジスタ(TFT)型液晶ディスプレイ(LCD)の前に設置されたとき、LCDからの光は、LCDの垂直軸(ストライプ状の開口部領域22はこれに対して平行である)に対して+45°で偏光されている。光学軸は従って、スリット領域から出力された光25の偏光が、同じ垂直軸に対して-45°であるように構成されている。バリヤ領域24は、透過光に対して効果をほとんど有さないか全く有さない透明領域であり、したがって+45°偏光のままである。

【0101】偏光シート21は、入射光の(従って領域24を通過する光の)偏光方向23に実質的に直交する偏光方向26を有している。しかし、偏光方向26はスリット領域22を通過する光の偏光方向に平行であるため、バララックスバリヤはバリヤモードで動作し、入射光はスリット領域22を透過するが、バリヤ領域24で規定されるバリヤ部分によって実質的にブロックされるか消光される。

【0102】バララックスバリヤを非バリヤモードで動作させるためには、偏光シート21が、例えば取り去られることによって、無効にされる。このモードにおいて、ストリップ領域22を検光する偏光シートが無いために、ストリップ領域22は実質的に見えなくなる。領域22および24が実質的に同じ透過率を有するように構成することにより、対応して設けられたLCDの画素構造とのモワレ干渉(Moire beating)などによる、望ましくない視覚的なアーチファクトが生じなくなる。スリット領域22は依然として入射光の偏光方向を回転させるが、これは偏光シート21が取り去られたときには人間の目には見えなくなる。このモードにおいて、バララックスバリヤは、光をほとんど減衰させることなく、LCDのフル空間解像度を2D表示に利用可能にする。図5のバララックスバリヤを、図1に示す前部バララックスバリヤ4の代わりに用いることによって、本発明の一実施態様としての自動立体3Dディスプレイを提供することができる。

【0103】偏光シート21を取り去ることを可能にするための簡便な方法を図6aに示す。偏光シート21は、ダブルヒンジ30および31によって、自動立体ディスプレイの残りの部分に取り付けられている。これにより、偏光シート21がディスプレイの前部に回転し、偏光子の位置合わせはヒンジの基線によって制御され、所望であれば、偏光シートのヒンジと反対端に設けられた位置基準点によって更に制約される。この2Dモード

において、偏光子はディスプレイユニットの後部にたたまれ、ディスプレイユニットの後部と面一で格納される。

【0104】偏光シート21を取り去ることを可能にするための別の簡便な方法を図6bに示す。偏光シート21は、透明であり長手方向に延びる非偏光領域を有する、透明フィルム上に形成されている。フィルムは、LCD1および偏光変調層20の各端に設けられたローラ28および29に、巻かれている。ローラ28および29は例えば電気モータによって駆動され、フィルムの偏光領域21または透明非偏光領域をLCD1および偏光変調層20の前に位置させることができる。または、ローラ28および29を手動で操作してもよい。偏光領域21がLCD1および偏光変調層20の前に位置するとき、ディスプレイは3Dモードで動作し、一方、フィルムの透明非偏光領域がLCD1および偏光変調層20の前に位置するとき、ディスプレイは2Dモードで動作する。

【0105】図6cは、3Dモードおよび2Dモード動作を切り替えるための更なる方法を示している。この場合、偏光シート21は永久的にLCD1および偏光変調層20の前面に設置されているが、シート21に対して垂直な軸のまわりを回転可能になっている。偏光シート21の回転位置が、スリット領域22からの光を透過するがバリヤ領域24からの光を消光するような位置にある場合、前面パララックスバリヤがAの状態にあり、ディスプレイは3Dモードで動作する。このようにして、狭い透光性スリットと広い不透明ギャップを有するバリヤが形成される。一方、偏光シート21の回転位置が90°回転されると、スリット領域22からの光をブロックあるいは消光し、バリヤ領域24からの光を透過する。この場合、Bに示すように、広い「スリット」を通して光が透過する一方で、狭い不透明な「ギャップ」が形成される。一見Bに示す構成もパララックスバリヤとして機能し続けるかのように見えるが、観察領域はそれほどはっきりと規定されたものではなく、従って広い2D領域が生成される。残存する不透明領域は、パララックスバリヤによって不透明領域が形成されることがないディスプレイに比較して、2Dモードにおける輝度を減少させる。これは便利な技術であるが、2Dモードにおいてマスク上の黒色領域からのモワレ効果が若干残存する場合がある。

【0106】図1および4に示すような公知のタイプのディスプレイにおけるパララックスバリヤ4を除去可能にすることによって、フル解像度の高輝度2Dモード動作を提供しようとした場合、5段階の自由度、すなわち2つの平行移動軸および3つの回転軸で位置を規定するマウントを、5 μ m程度の位置許容度で設けなければならない。また、パララックスバリヤ4およびSLM1の間での平行度を維持することが特に困難である。いずれかの素子が傾いても、ウィンドウにずれが生じ、モワレ模

様が生じる。この結果、観察自由度が減少し、ディスプレイのクロストークレベルが増大する。除去可能部材によってそのような傾きを補償させねばならず、使用を簡単に維持し除去可能部材のかさを十分確保しながら、これを低いコストオーバーヘッドでロバストに達成するのは、非常に困難である。

【0107】図5に示すパララックスバリヤの実効平面は、偏光変調層20の平面上にある。この偏光変調層20を対応LCDに対して位置合わせすることにより、自動立体ディスプレイの光学的アラインメントが決定される。図5に示すパララックスバリヤにおいては、偏光変調層20は対応LCDに対して永久的に固定されたままでよい。ため、LCDの屈曲に適応し、ウィンドウ品質の劣化を最小にする。これにより剛性が得られ、例えば製造中または、LCD製造ライン上で利用可能な高精度位置合わせ具を用いて行われる後の固定工程において、接着剤その他の永久的固定部材を用いることを可能にする。除去可能な偏光シート21は、シート20の前面に設置する場合において、単に1つの回転軸において再位置合わせするだけでよい。平行移動位置に関する許容度としては、単に、ディスプレイ表面の全体が偏光シート21によって覆われていることと、ディスプレイ表面の平面内にある軸まわりの回転が、偏光吸収軸に影響しないことを要求するのみである。従って、唯一の要請は、ディスプレイ表面の法線方向の軸のまわりの回転位置合わせにより、バリヤ領域24からの光の消光を確実にすることだけである。バリヤ領域24からの光漏れを1%未満に減少するためには、位置合わせ許容度は $\pm 5^\circ$ 程度であり、これは容易に満たし得る。

【0108】図7は、図5のパララックスバリヤを後部パララックスバリヤ型自動立体ディスプレイに使用した例を示す。偏光変調層20はLCD1の近傍に設けられており、入力偏光子として機能する偏光シート21は、偏光変調層20とバックライト3との間に設けられている。LCD1は、ストリップ領域22からの光を通しかつバリヤ領域24からの光をブロックするように偏光方向が位置合わせされた入力偏光子32を、有している。このように、入力偏光シート21とLCD偏光子32との偏光方向は、互いに直交する。フル解像度で高輝度2Dモードを提供するときには、偏光シート21を光路から除去する。

【0109】図示において、ストリップ領域22は基板上、特に基板の外側面上（すなわちLCD1から遠い方の基板面）に形成されている。これは単なる構成例であり、ストリップ領域22は基板のいずれの面上に作成されてもよい。ストリップ領域が基板の内側面上（すなわちLCD1に対向する側の面）に作成された場合、LCD1と接触していることによって、ストリップ領域は基板からの汚れやひっかきから保護される。更に、3Dモードにおけるディスプレイの最適観察距離は、LCD1内の液晶

層とストリップ領域22との隔たりによって設定される。基板の内側面上にストリップ領域22を基板内側面に設けることによってこの隔たりが減少し、従って最適観察距離が減少する。

【0110】図8は、可動偏光子21がバックライトの一部を形成している、後部バラックスバリヤディスプレイを示している。バックライトは、光源33および、3Dモードにおいて光を偏光シート21を通して光導波路35内に導く反射器34を、有している。光導波路35はその出力面上に、LCD1の照明を均一にするためのパターン化シート36および、出力光をより広い角度範囲に散乱するための偏光保存散乱器37を有している。このような散乱器は、レンチキュラー性質を有しているもよい。

【0111】この構成により、光導波路35の入力面において比較的小さな偏光子21を使用することが可能になる。偏光子21は、比較的小さい移動によって光路から除去されてフル解像度高輝度2Dモード動作を達成することができる。

【0112】図9は、図8に示すタイプの偏光された光源を有するが、偏光子21が光導波路35の入力に固定されている、自動立体ディスプレイを示している。光源33は3D動作に照明される。

【0113】ディスプレイは、更なる非偏光バックライトを有している。この非偏光バックライトは、光源38、反射器39および光導波路40の形態である。光導波路35および40は、光導波路40からの出力光が光導波路35を通過するように設けられている。フル解像度高輝度2Dモードにおいては、光源33は消灯されかつ光源39が点灯されることにより、偏光されていない光が光導波路35を通過し、偏光変調層20を介してLCD1を照明する。

【0114】図10は、機械的移動を必要とすることなしに3Dモードと2Dモードとの間を切り替え可能な、前部バラックスバリヤ自動立体ディスプレイの一例を示している。偏光変調層20はLCD1の出力面の近傍に設けられており、出射偏光シート21が、ディスプレイの出力側に位置している。切り替え可能な1/4波長回転器41が、シート偏光子21および偏光変調層20の間に設けられている。回転器41は、透過される偏光に影響をおよぼさない第1の状態と、各偏光状態が偏光シート21中を均一に透過される第2の状態との間を、切り替え可能である。第2の状態において、回転器41は、偏光シート21の偏光軸に対して45°の角度の光学軸を有する1/4波長板として機能するように、切り替え得る。この状態において、領域22および24からの直線偏光は両方とも反対周りの円偏光に変換され、そのうち50%が偏光シート21によって透過される。

【0115】このタイプの構成の利点は、2つのモードが異なる領域において共存するように、制御素子41を

空間的に制御することが可能である点である。このことにより、ディスプレイのある部分が2Dモードで動作し、他の部分が3Dモードで動作することが可能になる。

【0116】図11に示すディスプレイは、切り替え可能1/4波長回転器41の代わりに切り替え可能散乱器42を用いている点において、図10に示すものと異なる。散乱器42は、脱偏光状態(depolarising)状態と、非脱偏光状態(non-depolarising)状態との間を電子的に切り替え可能である。このような散乱器は、高分子分散型液晶素子として実現することができる。

【0117】低散乱状態において、切り替え可能散乱器42は動作に実質的に影響をおよぼさず、ディスプレイは自動立体3Dモードで動作する。より高い散乱状態においては、散乱器42は2つの効果を有する。第1に、散乱器は、入射光の偏光を破壊することにより、領域22および24からの光が実質的に均一に出射偏光シート21中を透過されることである。第2に、散乱器は、透過光をランダム方向に散乱することにより、システムを通過する光の指向性を破壊する。しかし、偏光が失われることでディスプレイは十分に2Dモードで動作し得るので、散乱器42は強い散乱効果を有する必要はない。散乱器42は、単にディスプレイの視野角を十分にするために十分な散乱を供給するだけでよい。従って、散乱器42は、公知のタイプのシステムにおけるよりも低い散乱強度を提供すればよい。より明るい2Dモードが達成し得る。

【0118】図11bに示すディスプレイは、層20と切り替え可能散乱器42との位置が交換されている点において、図11aに示したものと異なっている。

【0119】切り替え可能散乱器42はまた、後部バリヤ構成においても使用可能である。この場合も、異なる領域が異なるモードで動作するように散乱器42を制御することにより、ある領域は2Dモードで動作し、同時に他の領域は3Dモードで動作するディスプレイを提供することができる。散乱器は、2D状態におけるイメージの見やすさに実質的に影響しないため、この構成はより適切であり得る。

【0120】本明細書に開示するバラックスバリヤは、英国特許出願第9702259.4号に開示されたディスプレイにおいても使用可能である。このディスプレイは自動立体タイプであり、観察者が視認できるインジケータを備えていることによって、観察者は、最適な観察位置に自分を位置させることができる。状況によってはこの視認可能な位置インジケータを無効にする方がよい場合があり得、これは例えば、3D/2Dモード混合動作について上述したように、バラックスバリヤのうちのインジケータを構成する部分だけを無効にすることによって達成し得る。

【0121】図12は、図7に示したものと同様な後部

バララックスバリヤタイプのディスプレイであるが、偏光シート21の代わりにマスク43およびバララックス部材44を用いたディスプレイを示している。バララックス部材をレンチキュラスクリンとして図示しているが、バララックスバリヤを有するものであってもよい。マスク43のマスク要素とLCD1内の画素ブラックマスクとの間の視差(バララックス)が観察ゾーン45を発生するように機能するため(ゾーン間の境界部分でのオーバーラップは大きくなるが)、バララックス部材44は必須ではない。マスク43は水平ストリップを有している。水平ストリップは例えば、各々が偏光ストリップ、透明(clear)ストリップおよび不透明ストリップの3つのストリップからなる、複数のグループとして構成されてもよい。ストリップの各グループは、レンチキュラスクリン44のバララックス要素(レンチキュラーの形態である)と対応付けられている。

【0122】マスク43は、レンチキュラスクリン44に対して、垂直方向に可動である。図12に示す位置においては、偏光ストリップはスクリーン44のレンチキュラーと位置合わせされており、ゾーン45内に位置する観察者に対して、3D動作を提供する。結果として、ディスプレイの通常の観察ゾーンであるゾーン45内に位置する観察者は、3Dイメージを知覚することができる。2D動作が必要なときは、マスク43はスクリーン44に対して相対的に移動され、透明ストリップがゾーン45内にイメージングされる状態となる。このことによりディスプレイはフル解像度高輝度2Dモードで動作することが可能になる。従って、比較的小さいな移動で3Dモードおよび2Dモード間の切り替えを達成し得る。暗色または不透明のストリップは、偏光された光が非偏光観察領域中に漏れること(あるいはその逆)を防ぐために用いられる。

【0123】マスク43は、例えばJP 63-158525Aに開示された方法などの、適切な方法によって形成され得る。

【0124】バララックスバリヤの領域22および24の光学的機能を逆にすることにより、バリヤ領域24が偏光状態を回転させ、ストリップ領域22が実質的に偏光に影響を与えないようにすることも可能であるが、図5を用いて説明した構成の方が一般に好ましい。特に、2つの直交する(crossed)偏光子を用いれば、他に(光学的にアクティブな)素子を介在させることなしに、バリヤ領域24および偏光シート21の対応領域によって形成される不透明領域の暗色レベルを効果的に提供することができる。これにより、広い波長帯域にわたって強い消光効果が得られ、ディスプレイのクロストークが最小になる。

【0125】ディスプレイのバララックスバリヤの、別の構成例の可能性としては、平行な偏光方向を有する2つの偏光子を用い、バリヤ領域24を光学的にアクティ

ブにすることによって偏光回転を得、スリット領域22が偏光に影響しないようにしてもよい。上述のように、そのような構成において、重要なバリヤの不透明領域は、偏光回転材料の性能、すなわち高い消光効果および1%未満の光漏れを達成できるか否かに依存する。これを達成するための手段の一例としては、領域24としての第1の極小条件を満たす厚さを有する、高分子化されたツイステッドネマチック液晶層がある。そのような構成の利点は、スリット領域22がニュートラルであるため、カラーバランス欠点が抑制された3Dモードを提供するために最適な色性能を有している点である。

【0126】ストリップ領域22による偏光回転は一般に、あまり広い波長帯域にわたって最適には機能しないため、可視スペクトルの部分によっては透過率が低くなる。図13に、LCDの出力偏光子単軸複屈折材料(英国メルク社からRM257として入手可能)からなる波長板、および偏光シート21を通した非偏光の透過率の計算結果を示す。2つの偏光子の偏光軸が直交(crossed)状態にあるとき、設計上透過率は可視スペクトルの中央部で最高になり、可視スペクトルの両端に向かって減少していく。中心波長を正しく選択すれば、透過された光は良好なホワイトカラーバランスを維持する。LCD1の赤、緑および青色チャネル間のバランスを調整することにより、3Dモードにおいて正しいカラー表示を得ることが必要になり得る。そのような色バランス変化は、例えば、予め校正しておき、3DイメージソフトウェアのドライバまたはLCDのカラーフィルタ設計中に設定しておくことによって、2Dカラースペクトルおよび3Dカラースペクトル間で最適化を図ってもよい。

【0127】図13に示す平行配置の偏光子の場合の曲線は、バリヤ領域24がその偏光を回転させた場合の、不透明バリヤ領域に当てはまるものである。システムの中心波長においては、良好な消光効果がえられる。しかし、スペクトルの端部に向かって、透過率は実質的に増大する。クロストークレベルを1%以下にするためには、バリヤは、可視スペクトルにわたって100:1のコントラスト比を提供できなければならない。図13に示すように、平行配置の偏光子と偏光回転器をバリヤ領域24として用いることによって、これは達成できない。

【0128】図14は、他の光学素子の介在なしに、2つの直交する(crossed)偏光子を通過する際の透過率特性を示している。450~750nmの全波長帯域にわたって、消光が実質的に改善され、所望のコントラスト比が達成されている。この構成において、例えば波長板でスリット開口部を形成し、直交(crossed)偏光子によってバリヤの不透明領域を規定するようにすれば、大部分のアプリケーションにおいて最適な構成となる。

【0129】偏光変調層20は、例えばRM257などの反応性メソゲン層を堆積し、これを標準的なフォトリソグ

ラフィー技術によってスリット構造にパターンニングすることによって、形成され得る。既に存在しているパララックスバリヤを、エッチング用のマスクとして便利に用いることができる。

【0130】図15は、偏光変調層20を形成する方法を説明する図である。図15aにおいて、配向層60が基板61に塗布される。配向層60は、例えば、ラビング処理を施したポリイミドや、ポリアミド、または酸化シリコンを含むものであってもよい。図15bは、配向層60によって配向方向が決定される、光学的遅延層62の塗布を示している。遅延層62は、配向可能であり最終的に所定の方向に固定が可能な、任意の適切な複屈折性材料であり得る。適切な材料としては、液晶性ポリマーまたは反応性メソゲンがある。適切な反応性メソゲンの例としては、英国メルク社から入手可能である、高複屈折性を有するため比較的薄い層の使用を可能にする、RM257（前記）などがある。図15cに示すように、遅延層62の領域63は、マスク64を介して紫外線照射されることにより、光重合される。図15dに示すように、未重合の領域は、例えばエッチング処理などによって除去され、所望のパターン化光学的リターダ構成が現れるようにする。

【0131】パターン化リターダは次に、平面化層65によって平面化される。層65は、図15eに示されるように、未重合のリターダ材料が除去されたあとのギャップを埋める。平面化層65の材料は、好ましくは等方性、透明、かつリターダ63と実質的に同様な厚さを有する。適切な材料としては、アクリルおよびエポキシ樹脂がある。

【0132】図16に示す偏光変調層20の作成方法は、図16cに示す選択的重合化の後に、未重合のリターダ材料62を除去しない点において、図15に示す方法とは異なっている。層は、未重合のリターダ材料の等方性転移温度を越える温度に加熱される。未重合のリターダ材料は、長波長の紫外線照射に曝されることによって等方状態で硬化する。この結果、等方性材料66および複屈折性材料63を図16dに示す状態で有する層が得られる。

【0133】図17に示す方法は、カイラルドーパントが、遅延層67として塗布される前に反応性メソゲン混合物に添加される点において、図16に示す方法とは異なっている。このカイラルドーパントにより、層を通過する際に遅延方向を連続的に回転させる効果が導入され、ガイディング・ツイステッドリターダが提供される。選択的な重合化は、図17cに示すように行われる。

【0134】図18は、リターダアレイを作成する方法を示している。この方法は、更なるパターン化リターダ72が形成される点において、図15に示した方法とは異なっている。平面化層65を図18eに示すように塗

布した後、例えば配向層60と同じタイプの更なる配向層69が、例えば同じ方法で塗布される。配向層69は、配向層60とは異なる配向方向で塗布される。例えばリターダ62と同じタイプである更なるリターダ70が、例えば同じ方法により、配向層69上に形成される。層70は、マスク71を介して選択的に紫外線照射に曝されることにより、更なるパターン化光学リターダを形成する領域72が、光重合する。未重合領域を次に図18iに示すように除去し、図18jに示すように更なる平面化層73を形成する。この技術を用いることにより、後述のように使用される、交互に異なる方向に配向されたリターダを提供することが可能になる。図18b～図18eに図示した工程を繰り返すことにより、多数積層されたパターン化リターダを作成することができる。

【0135】図19に示すリターダアレイの作成方法は、標準配向層60の代わりに、直線的に光重合可能な材料74の層（例えば、「surface induced parallel alignment of liquid crystals by linearly polymerizing photopolymers」、Schadtら、Japanese Journal of Applied Physics, vol 31(1992)、p.2155およびEP 0689 084号に記載されているタイプのもの）を用いる点において、図15に示す方法とは異なっている。図19bに示すように、マスク64を介して層を第1の直線偏光による選択的照射に曝することにより、露光領域Aを形成する。未露光領域Bを、次に、マスク76を用いて異なる直線偏光を有する照射に曝す。このようにして、配向層28の有する領域は、交互に異なる配向方向、例えば45°または90°異なる配向方向を、提供する。リターダ層62を次に、前述のように、図19dに示すように塗布する。しかし、リターダ層は、その下に位置する配向層75の領域に支配されて交互の方向を有するようになるため、選択的な光重合を必要とせず、均一な紫外線光源に曝露することによって、リターダ層62を硬化することができる。

【0136】図20に示すリターダ層アレイの作成方法は、配向層60が2度ラビング処理を受ける点において、図15に示した方法とは異なっている。まず、配向層60を第1の方向にラビング処理する。フォトレジスト材料77を塗布し、図20dに示すようにマスク64を介して選択的に光重合する。これは、公知のフォトリソグラフィ技術を用いて行い得る。未重合の材料を除去することによって、重合化したフォトレジスト材料78およびその下の配向層60の一部領域が現れるようにする。このアセンブリを次に第2の方向Bにラビング処理することにより、空間的に変化する配向方向79を有する配向層が得られる。このタイプの技術が、「Four domain TN-LCD fabricated by reverse rubbing or double evaporation」Chenら、SID95 Digest, pp.865～868に開示されている。光重合後のフォトレジスト材料を

次に除去する。リターダ層62を次に、図22aに示すように塗布する。しかし、リターダ層は、その下に位置する配向層79の領域に支配されて交互の方向を有するようになるため、選択的な光重合を必要とせず、均一な紫外線光源に曝露することによって、リターダ層62を硬化することができる。

【0137】パターン化偏光変調層を作成するための別の技術が、US 2 647 440号およびUS 5 537 144号に開示されている。

【0138】偏光回転は、少なくとも2つの物理効果によって達成され得る。第1の物理効果によれば、複屈折性材料を用いた光学のリターダによって偏光回転を提供できる。このような材料は、材料中を伝播する光の屈折率が、材料の光学軸に対しての偏光方向に依存することを、特徴とする。光学軸は、材料の分子または結晶構造によって決まる。単軸複屈折性材料の場合、光学軸に平行な偏光面を伝播する光に対して1つの屈折率が存在し、光学軸に垂直な偏光面を伝播する光に対してもう1つの屈折率が存在する。これらの間に存在する偏光面を有する光は、一般的には損失なしにこれらの偏光を加算したものと考えられ得る。材料が厚さ t を有し、波長 λ の光が「速い」偏光および「遅い」偏光との間で位相遅延 π を受けるとすれば、この素子は「 $1/2$ 波長板」または「 $\lambda/2$ 板」と呼ばれる。この厚さは従って、 $t = (2m+1)\lambda / (2\Delta n)$ で与えられる。上式において、 Δn は2つの屈折率の差を表し、 m は整数を表す。

【0139】このような光学素子に平面偏光された光が入射すると、その偏光面は、入射偏光面と材料の光学軸との間の角度の、2倍の回転を受ける。従って、 $1/2$ 波長板が入射偏光面に対して 45° に方向付けられている場合、素子を出射する光の偏光面は 90° に変化する。

【0140】第2の物理効果は、偏光回転器によって生じるものである。反応性メソゲンをカイラルドーパントとともに用いることによって実現され得るこのような素子は、任意の一片の薄いスライス内においては複屈折性を有するが、複数のスライス間においては光学軸の角度が一定の定義で回転してスパイラル状となる材料を含んでなる。このような光学素子は、導波(guiding)によって偏光回転を起こし、広い波長帯域にわたって入射偏光面を 90° 回転させるように構成することができる。

【0141】更に、例えば装置性能を最適化する目的で、上記の2つの効果を組み合わせることによって偏光回転を提供してもよい。

【0142】偏光シート21のLCD1に対する角度的位置合わせの許容度は、バラックスバリヤの不透明領域を透過することが許容される光漏れレベルによって決定される。このような漏れは非常に低くなければならず、好ましくは1%未満である。各軸間に角度 θ を有する2つの完全に交差する(perfect crossed)偏光子による光

の消光は、

$$I(\theta) = I(0) \cos^2(\theta)$$

で与えられる。1%の光漏れに対応する回転角度は、等式 $I(\theta)/I(0) = 0.01$ の解で与えられ、角度 $\theta = 84.3^\circ$ および 95.7° となる。このように、理想値 90° に対して約 $\pm 5^\circ$ の許容度が存在する。このような角度許容度は、単純なメカニクスまたは基準マークに対する視認による位置合わせによって、容易に達成され得る。

【0143】図21は、前面バラックスバリヤタイプのディスプレイを示す。このディスプレイにおいては、進相軸が垂直になるように偏光変調層20に固定された $1/4$ 波長板46と、進相軸が水平になるように偏光変調層20に固定された $1/4$ 波長板47とを設けることによって、バラックスバリヤの変形例を構成している。偏光シート21およびLCD1の出力偏光子48の偏光方向はそれぞれ、 -45° および $+45^\circ$ である。

【0144】 $1/4$ 波長板46は、偏光変調層20からの直線偏光された光を円偏光に変換する。同様に、 $1/4$ 波長板47は、円偏光された光を直線偏光に戻す。このような構成によって、角度位置合わせ許容度を実質的に緩和することができる。実際には、 $1/4$ 波長板はその設計波長においてのみ「完全」である。その他の波長においては、平面内の遅延は、完全な円偏光を生じるには適正ではなく、楕円状態が生じる。しかし、2つの $1/4$ 波長板46および47を、光学軸が互いに直交するように構成すれば、一方の板の遅延の不正確さが、他方の板の不正確さによって相殺される。

【0145】偏光シート21および $1/4$ 波長板47が、ディスプレイ表面に対して実質的に法線方向に延びる軸のまわりに回転されるに従って、 $1/4$ 波長板46および47の不完全性の相殺効果が薄れ、これらの板の不完全性が顕現する。図22は、この構成を用いた場合の、相対回転角度 0° 、 5° 、 10° 、および 15° に対する、バリヤ領域24を通過する光の消光を示している。可視スペクトルの大部分において、 10° までの角度ずれに対して1%未満の透過率を達成することができる。このように、 $\pm 10^\circ$ の角度許容度が達成される。これは、 $1/4$ 波長板46および47を省略した場合に得られる値の2倍である。

【0146】図23に示すバラックスバリヤは、偏光変調層20がパターン化リターダを有する点において、図5に示すものとは異なっている。パターン化リターダは、例えば、上述の図18～図20に示す方法のいずれかを用いて作成することができる。開口部領域22は、光学軸が光23の偏光方向に対して 45° に位置合わせされた $\lambda/2$ 板を含んでなる。バリヤ領域24は、光学軸が光23の偏光方向に対して 0° に位置合わせされた $\lambda/2$ 板を含んでなる。このようにして、バリヤ領域24を通過する光23の偏光は影響を受けず、光は偏光シ

ート21によって消光される。開口部領域22を通過する光23の偏光方向は、 90° 回転されるため、光は偏光シート21を通過する。このように、3Dモードにおいて、装置は前述のようにバララックスバリヤとして機能する。

【0147】図23に示すバララックスバリヤの一つの利点は、偏光変調層20を構成するパターン化リターダは平面状であるため、偏光変調層20の領域22および24を通過する光において位相のミスマッチが実質的に存在しないことである。従って実質的に回折効果を回避することができ、観察者のディスプレイに対するに移動につれての、照明強度の均一性変化すなわちちらつきが実質的にない。

【0148】回折効果はまた、例えば図15～図17に示すように層を平面化することによっても、実質的に回避し得る。

【0149】図24に示すバララックスバリヤは、偏光ベクトルおよび光学軸が 45° 回転している点において、図23に示すものとは異なっている。対応LCDの出力偏光子を含んでもよい入力偏光子21'は、その偏光学軸を 45° に方向付けられている。これは、例えばツイステッドネマチックタイプのLCDの出力偏光子に典型的である。開口部領域22の光学軸は 90° に方向付けられており、一方、バリヤ領域24の光学軸は 45° に位置合わせされていることにより、入力偏光子21'からの光の偏光ベクトルに対して平行である。偏光シート21はその偏光学軸が -45° に方向付けられていることにより、入力偏光子21'の偏光学軸に対して直交している（図25に示すように、 -45° は光学的には $+135^\circ$ と同等である）。

【0150】図26は、偏光シート21を省略し、観察者が着用する検光眼鏡21''によって偏光機能を提供する構成を示している。検光眼鏡21''は、偏光学軸が 90° に方向付けられていることにより偏光23の偏光ベクトルに対して直交する、偏光レンズを有している。しかし、偏光学軸および光学軸は、角度関係が維持されている限り、任意の所望の角度に回転されてもよい。このような構成により、従来の偏光サングラスを使用することが可能になり、そのような従来の偏光サングラスを外すことによりディスプレイを2Dモードで観察することが可能になる。

【0151】製造上のもう一つの重要な問題は、偏光変調層20と、板80（用いる場合においてのみ）との視野角をLCD1に対してマッチングさせることである。非軸上の位置から観察した場合、観察者の目に届く光は、偏光変調層20を通過して斜めに進む。このような斜めの光線は、その複屈折性層内における異なる方向および異なる層厚のため、わずかに異なる偏光状態となる。LCDのコントラストおよびカラー性能は、視野角が増大するにつれて悪化する。バリヤの開口部領域22もまた、非

軸上観察において、カラーおよび透過率変化を受ける。従って、最も広い角度範囲において非着色透過が得られるように波長板厚を選択することが、望ましい。さらに、反応性メソゲンまたは液晶を波長板の作成に用いた場合、同じ理由からそのプレチルトを慎重に選択しなければならない。

【0152】偏光回転を行う素子の性能を、複屈折性リターダとして構成された場合において改善するためには、特定の厚さおよび相対的な光学角度を有する2層または3層リターダとして形成し得る。広帯域性能のための波長板の組み合わせは、例えば、Proc. Ind. Acad. Sci., vol.41, No.4, section A, p.130, S.Pancharatnam 「Achromatic Combinations of Birefringent Plate s」、1995に開示されている。

【0153】図27は、実質的に固定された複屈折性を有する複屈折性材料の層を有する、パッシブ型偏光変調光学素子11を示している。この層の厚さおよび複屈折性は、 $1/2$ 波長板として作用するように、ただし異なる方向に光学軸が方向付けられた異なる領域がリターダとして作用するように構成されている。特に、素子11は、第1のリターダ群12および第2のリターダ群13を有している。リターダ群12および13は、層内に形成され交互に繰り返す平行な垂直ストリップを有している。ストリップ12は同じ幅を有しており、その光学軸は基準方向に対して 45° で位置合わせされている。ストリップ13は同じ幅を有しており、その光学軸は基準方向に対して 90° で位置合わせされている。

【0154】図27に示す光学素子11は、入力偏光子14と協働して光学装置を形成する。入力偏光子14は、例えば、液晶装置の出力偏光子を含んでもよい。入力偏光子14は、基準方向に対して 45° の偏光ベクトルを有する直線偏光された光を供給する。

【0155】偏光子14からの光の偏光ベクトルはリターダ12の光学軸に平行であり、従ってリターダ12は、偏光ベクトルに対して実質的に影響をおよぼさない。従って、リターダ12を出た光は、基準方向に対してその偏光ベクトルが 45° 方向である。領域13の光学軸は入力光の偏光ベクトルに対して 45° で位置合わせされている。よって、リターダ13は $1/2$ 波長板として振るまい、光の偏光ベクトルを 90° 回転させることにより、リターダ13からの出力光は、基準方向に対してその偏光ベクトルが 135° 方向である。

【0156】図29および図30に示す構成は、素子11の光学軸および偏光子14の偏光方向が 45° 回転されている点において、図27および図28に示すものと異なっている。従って、偏光子14からの光の偏光ベクトルは、リターダ12を出る光と同様 0° であり、一方、リターダ13を出る光は、偏光ベクトルが 90° 回転される。

【0157】図31および図32は、図27および図2

8に示すタイプの光学装置が出力偏光子15と協働することによってパララックスバリヤを形成する様子を示している。出力偏光子15の偏光方向は、入力偏光子14の偏光方向と直交方向である。偏光子15は従って、リターダ12を通過する光を実質的に消光するが、リターダ13を出た光は通過させる。

【0158】リターダ13によって行われる偏光回転は、可視スペクトルの全体に対して最適に作用するわけではないため、可視スペクトルの一部は、他の部分よりも透過率が低くなる。図33は、RM257（英国メルク社から入手可能）として公知である単軸複屈折性材料によって図31および図32に示した装置において素子11を構成した場合の、装置を通した非偏光の透過率の計算結果を示す。偏光子14および15が直交する場合、設計上透過率は可視スペクトルの中央部で最高になり、可視スペクトルの両端に向かって減少していく。中心波長を正しく選択すれば、透過された光は良好なホワイトカラーバランスを維持する。

【0159】図33は、図31および図32に示すタイプの装置において、偏光子14および15の偏光軸を平行に設置し、かつリターダ12および13の光学軸を逆にした場合の性能を示している。この場合、リターダ12を介した消光は、広帯域1/2波板性能に依存する。中心波長は良好な消光を提供するが、透過率は可視スペクトルの両端に向かって実質的に増加する。クロストークレベルを1%以下にするためには、自動立体ディスプレイにおけるパララックスバリヤは、可視スペクトルにわたって100:1のコントラスト比を提供できなければならない。図33に示すように、平行配置の偏光子と偏光回転器をパララックスバリヤのスリット領域間のバリヤ領域として用いることによって、これは達成できない。

【0160】図34は、他の光学素子の介在なしに、2つの直交する(crossed)偏光子を通過する際の透過率特性を示している。450~750nmの全波長帯域にわたって、消光が実質的に改善され、所望のコントラスト比が達成されている。これは、リターダ12の光学軸が入力光の偏光ベクトルと位置合わせされているため偏光ベクトルに対して実質的に影響をおよぼさないで、図31に示す構成に対応する。一般に、そのような構成は、パララックスバリヤのコントラスト比要請を満たし得るので、好ましい。しかし、透過光の無色性の方がコントラスト比および消光の無色性よりも重要であるようなアプリケーションにおいては、図31および図32に示すタイプの構成において、出力偏光子軸を90°回転させることが好ましい場合がある。

【0161】素子11は、入力偏光子14に接着することによって、ストリップ状リターダ12および13ならびに、偏光子14を含むLCDの画素構造の、相対傾きの許容度の厳密性を得ることができる。またこのことによ

り、界面の屈折率をマッチングさせることができ、装置内の反射を減少することができる。偏光子14および素子11に同様の高透明度、無色性および熱膨張率の要請を満たす適切な材料としては、エポキシ樹脂、アクリルポリマー、およびポリウレタン系接着剤等の、有機接着剤がある。

【0162】図31および図32に示す装置は、図1に示す自動立体3Dディスプレイのパララックスバリヤ4として使用され得る。その場合、リターダ13はパララックスバリヤのスリットとして作用し、リターダ12はスリット間の不透明領域として作用する。

【0163】非軸上位置から観察した場合、観察者の目に届く光は、素子11を形成する層中を通して斜めに進む。このような斜めの光線は、複屈折性層内における異なる方向および層内の伝播路がより長いことにより、わずかに異なる偏光状態となる。従って、バリヤスリットを通った光は、非軸上観察においては色および透過率の変化をきたす。しかし、パララックスバリヤの視野角性能は、イメージコントラストに実質的に影響しない。LCDをSLMとして用いる3Dディスプレイにおいては、ホワイト状態の色度の視認性を最小にするように視野角性能を構成するが、構成によっては、色彩変化はバリヤスリットの配向方向に平行な方向において悪化する傾向にあり得る。同様に、LCDは、主として垂直方向において観察方向が最も制限されるように設定された、視野角性能を有していることがある。LCDにおいて、非軸上観察は、コントラストおよび色彩の劣化につながる。従って、リターダの最も悪い視野角をSLMの最も悪い観察角度と位置合わせすることにより、パララックスバリヤの性能を、SLMのイメージ質の悪さによって目立たなくする事が可能である。

【0164】リターダ12および13は、光学軸を除く光学特性が層中を通じて均一であるような、単一の層中に形成される。更に、この層は、実質的に一定の厚さを有していてもよい。このような構成により、層11を他の層に接着しても空気ギャップが発生したり、平面化することが必要になったりすることがない。

【0165】3Dイメージの観察自由度は、バリヤスリットと図1に示すディスプレイにおけるLCDの画素との位置合わせによって、部分的に決定される。LCDに対するバリヤスリットの傾きはフリッジ位置合わせ不良を引き起こし、観察自由度が失われたり、ディスプレイ上にイメージクロストーク領域が発生したりする。この結果、観察者にとっては視覚上のストレスが増すため、望ましくない。層11を偏光子14に接触するように形成することによって、そのような傾きを実質的に回避することができる。特に、所望の位置合わせを提供するための技術が存在しており、層11を対応するLCDその他の装置と一体的に形成することにより、製造時において正確な位置合わせが得られ、また、機械的ショックおよび

温度変化などの環境条件によっても実質的に影響を受けない。

【0166】図1に示すタイプのディスプレイを、出力偏光子15を除去するなどして無効することによって、2Dモードで動作させ得る。このモードにおいては、素子11の光学軸のパターン化構造が見えないことが望ましい。例えば、リターダ12および13は、同じ光吸収性能を有することにより、LCD構造とのモアレ干渉を回避することが望ましい。もう一つの回避されるべきアーチファクトは、バララックスバリヤの位相構造に起因する回折である。そのような回折は、LCDの画素構造と干渉することによって、低コントラストモアレ干渉(moire interference)効果をもたらし得る。光学素子11を用いれば、位相構造の回折効率が、公知の構成に比較して実質的に減少する。例えば、リターダ12および13からの光における直交する直線偏光状態は、実質的に互いと干渉することがない。リターダは実質的に同じ屈折率を有する同一材料で形成されるため、リターダ12および13間の位相上のステップは最小になる。

【0167】図35は、回折レベルを減少させるための別の方法を示している。光学素子11の製造(詳しく後述する)に際して、20に示すような外観を有するマスクを用いて21に示す配向層の配向を規定することによって、素子を形成する。バララックスバリヤのスリットは従って、非直線的な境界線によって規定されることになる。むしろ、境界線はサイン波形状を有している。この結果、異なるアスペクト比に起因して複数の異なる回折構造が得られ、回折効果が鈍化する。この構造はまた、回折構造を垂直方向にも若干鈍化させる。しかし、回折構造の垂直面素構造との干渉の垂直方向での最小化は、注意深くなされなければならない。

【0168】図36は、光学素子11を作成するための第1の方法を示している。素子は、例えばスピンコーティングによって配向層31が形成された基板30上に作成される。配向層は、例えば「Surface Induced Parallel Alignment of Liquid Crystals by Linearly Polymerised Photopolymers」、Schadtら、Japanese Journal of Applied Physics, vol 31(1992)、p.2155およびEP 0 689 084号に記載されているタイプのような、直線状重合が可能な材料を含んでいる。配向層31を、マスク32を介して第1の直線偏光を有する放射に曝することにより、露光領域Aを形成する。次に、層31の未露光領域をマスク33を介して異なる直線偏光を有する放射に曝することにより、露光領域Bを形成する。このようにして、配向層31に、交互に異なる配向方向(例えば45°または90°異なる)を有する領域が形成される。配向層31を次に、例えばスピンコーティングにより、リターダ層34で覆う。リターダ層34は、配向が可能であり、所定方向に実質的に固定が可能な任意の材料を含んでなる。適切な材料の一つは、ジアクリレートおよ

び/またはモノアクリレートを含有する反応性液晶ポリマーを含むものである。適切な材料の一例として、英国メルク社から入手可能なRM257として知られる材料がある。遅延層34を次に、例えば紫外線照射に曝することにより、固定あるいは重合化し、固定されたリターダ35を形成する。

【0169】リターダ層34の光学軸は、その下に位置する配向層31の領域に支配されて交互の方向を有するようになるため、選択的な重合を必要としない。また、リターダ材料をプロセス中において除去する必要がないため、広帯域源からの遠隔曝露を行うことを可能にし、リターダ材料がマスクにはりつく危険を回避することができる。

【0170】基板30は、光学素子の性能に影響するような(コントラスト比の減少、または装置のカラー性能の劣化など)複屈折性を最小化するように、選択される。例えば、適切な平坦さを有する適切なフロートガラスを基板30に用いることにより、3Dディスプレイにおいて光学素子が偏光子14上あるいはその近傍に設けられた場合の周辺構造を歪みを避け得る。

【0171】図37は、光学素子を作成するための第2の方法を示している。基板30は、例えばスピンコーティングによって、ポリイミド配向層31の被膜を有している。ポリイミドは、デュボン社から入手可能なPI2555として知られる材料を、N-メチル-2-ピロリジンおよび1-メトキシプロパン-2-オルの混合物を含む溶剤(デュボン社製T9039)中に、1:20で溶解した材料を含んでなっている。例えば、層31はオープンボール・スピンコーター中において、4000rpmで30秒間スピンを行うことによって、形成され得る。ポリイミド層31を次に、170℃で2時間加熱する。または、反応性メソゲンのプリチルト効果の要請に応じて、配向層は酸化シリコンであってもよい。配向層31を柔らかい布によってラビングすることによって、Aとして示すように、好ましい配向および配向層上のプレチルトを与える。

【0172】フォトレジストの層36を、例えばスピンコーティングによって配向層31上に形成する。フォトレジスト36を、マスク37(例えば所望のバララックスバリヤのクロームコピー)を介して選択的に露光する。結果として、マスク37を介した曝露後、光学素子のうちバララックスバリヤのスリット間の不透明領域となる部分をフォトレジストが覆っている。未曝露のフォトレジストを次に除去する。

【0173】素子を次に再度ラビングすることにより、例えば以前の配向に対して45°または90°である、異なった第2の配向を配向層に与える。場合によっては、配向層31の露出領域を、所望の配向方向を得るために、以前の未ラビング状態の配向層の場合に必要な角度とは異なる角度でラビングすることが、必要にな

り得る。これが必要であり得る理由は、元の配向層が、再ラビング後も表面エネルギーに影響をおよぼし続ける可能性があるためである。従って、表面エネルギー補正の意味で、所望の配向方向に対して 10° から 20° 異なるラビング方向が必要となり得る。再ラビング領域をBとして表している。

【0174】次に、残存するフォトレジストを、例えばアセトンで洗浄することによって除去する。次にリタダ層39（例えば図13で説明したタイプのもの）をスピニングによって塗布することにより、その光学軸は、その下に位置する配向層31の領域に支配された方向となる。リタダ層39を次に、例えば紫外線照射によって固定することにより、リタダ40を形成する。

【0175】

【発明の効果】本発明によれば、ディスプレイは、ワイドビューのフル解像度2Dモードおよび指向性3D自動立体モードで動作し、2Dモードにおいてブラックマスクに起因する望ましくない視覚的アーチファクトが発生しない。

【図面の簡単な説明】

【図1】公知のタイプの自動立体3Dディスプレイの概略水平断面図である。

【図2】観察ポイント補正を行っていないディスプレイによって生じる円錐光を説明する、平面図である。

【図3】観察ポイント補正されたディスプレイによって生じる観察領域を説明する、図2と同様な図である。

【図4】別の公知のタイプの自動立体3Dディスプレイの概略水平断面図である。

【図5】本発明の一実施例におけるパララックスバリアの概略図である。

【図6a】図5のバリアのモード間切り替えを行うための構成を説明する概略図である。

【図6b】図5のバリアのモード間切り替えを行うための構成を説明する概略図である。

【図6c】図5のバリアのモード間切り替えを行うための構成を説明する概略平面図である。

【図7】本発明の一実施態様における自動立体3Dディスプレイの概略平面図である。

【図8】本発明の別の実施態様における自動立体3Dディスプレイの概略平面図である。

【図9】本発明の別の実施態様における自動立体3Dディスプレイの概略平面図である。

【図10】本発明の別の実施態様における自動立体3Dディスプレイの概略平面図である。

【図11a】本発明の別の実施態様における自動立体3Dディスプレイの概略平面図である。

【図11b】本発明の別の実施態様における自動立体3Dディスプレイの概略平面図である。

【図12】本発明の別の実施態様における自動立体3Dディスプレイの概略側面図である。

【図13】nm単位の波長に対する透過率を分数で示すグラフであり、 $1/2$ 波長板を挟持する2つの偏光子を通過する非偏光の透過率を示している。

【図14】nm単位の波長に対する光の透過率を%で示すグラフであり、直交する(crossed)偏光子を通過する光の透過率を示している。

【図15】偏光変調層を作成するための第1の方法を説明する図である。

【図16】偏光変調層を作成するための第2の方法を説明する図である。

【図17】偏光変調層を作成するための第3の方法を説明する図である。

【図18】偏光変調層を作成するための第4の方法を説明する図である。

【図19】偏光変調層を作成するための第5の方法を説明する図である。

【図20】偏光変調層を作成するための第6の方法を説明する図である。

【図21】本発明の別の実施態様における自動立体3Dディスプレイの概略平面図である。

【図22】nm単位の波長に対する光の透過率を分数で示すグラフであり、2枚の $1/4$ 波長板を挟持し直交する(crossed)偏光子を有するシステムを通過する光の消光効果を示している。

【図23】本発明の別の実施態様におけるパララックスバリアを示す概略図である。

【図24】本発明の別の実施態様におけるパララックスバリアを示す概略図である。

【図25】図24のパララックスバリアの平面図である。

【図26】本発明の別の実施態様における構成を示す概略図である。

【図27】本発明の実施態様における光学素子および光学装置を示す概略図である。

【図28】図27の素子および装置の平面図である。

【図29】本発明の別の実施態様における光学素子および光学装置を示す概略図である。

【図30】図29の素子および装置の平面図である。

【図31】本発明の更なる実施態様における光学素子および光学装置を示す概略図である。

【図32】図31の素子および装置の平面図である。

【図33】nm単位の波長に対する透過率を任意の単位で示すグラフであり、直交する(crossed)偏光子および平行な偏光子に挟持された $1/2$ 波長リタダにおける透過率を示している。

【図34】nm単位の波長に対する透過率を%で示すグラフであり、2つの直交する(crossed)偏光子の間に介在する光学素子が存在しない状態を示している。

【図35】本発明の一実施態様における、スリットエッジの空間的変調による回折を減少させたパララックスバ

リヤのための、配向層の配向およびマスクの外観を示す。

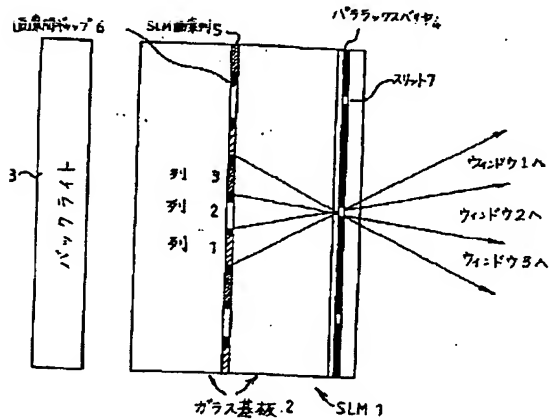
【図36】本発明の一実施態様における光学素子を作成するための方法を説明する図である。

【図37】本発明の一実施態様における光学素子を作成するための方法を説明する図である。

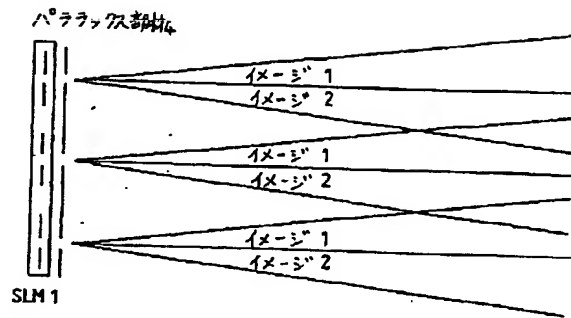
【符号の説明】

- 20 偏光変調層
- 21 偏光シート
- 22 開口部領域
- 23 偏光方向
- 24 バリヤ領域
- 26 偏光方向

【図1】

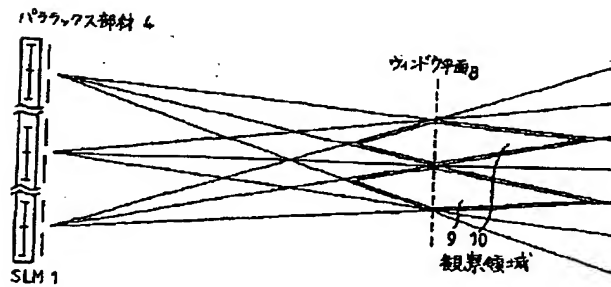


【図2】

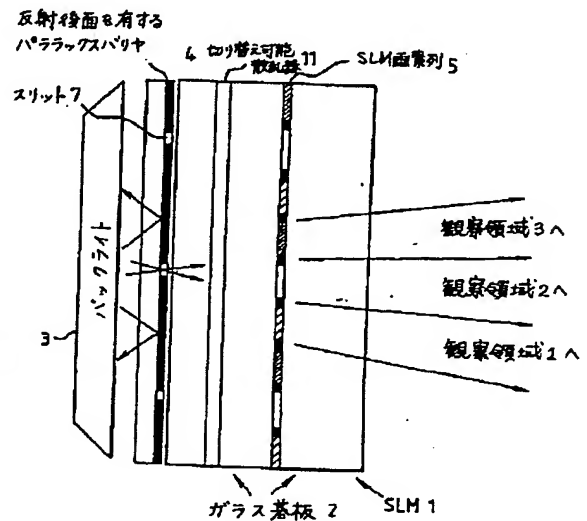
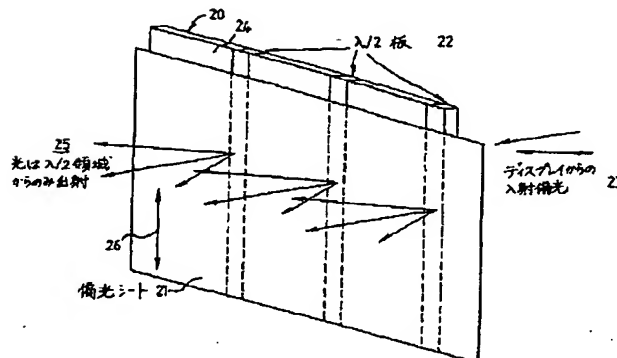


【図4】

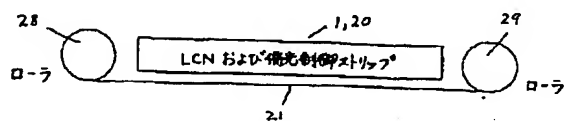
【図3】



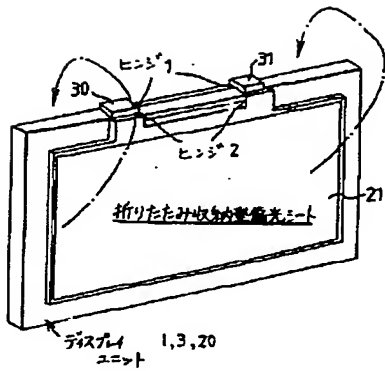
【図5】



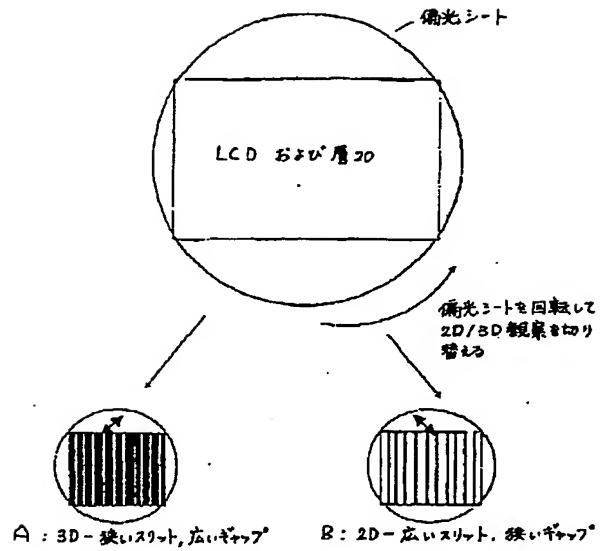
【図6b】



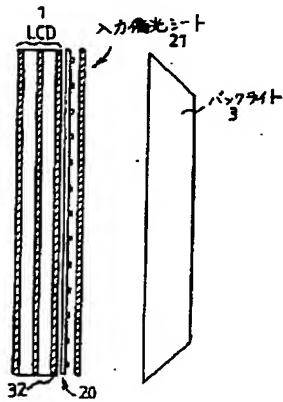
【図6a】



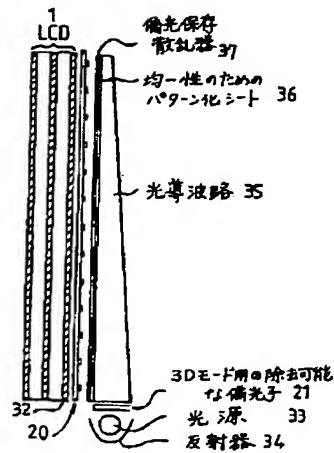
【図6c】



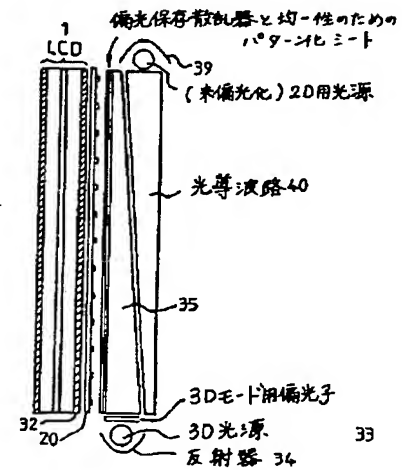
【図7】



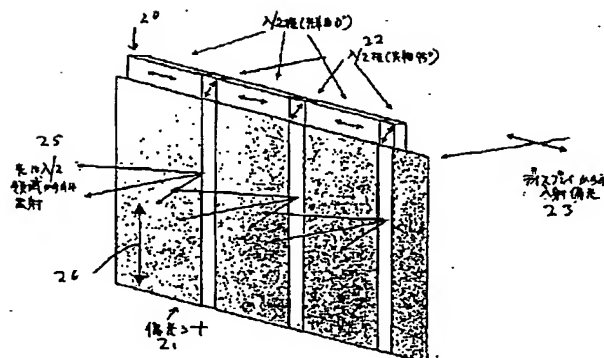
【図8】



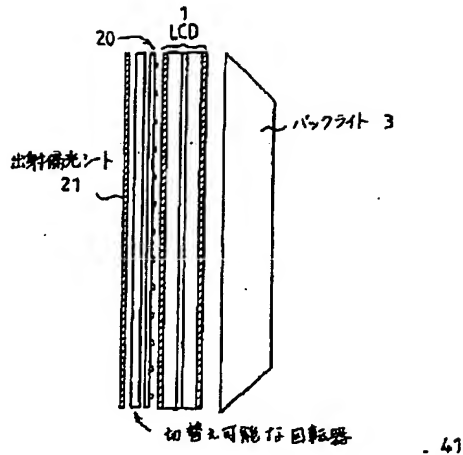
【図9】



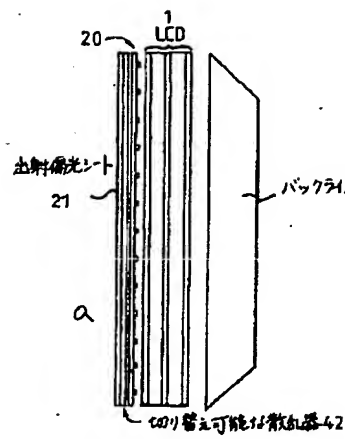
【図23】



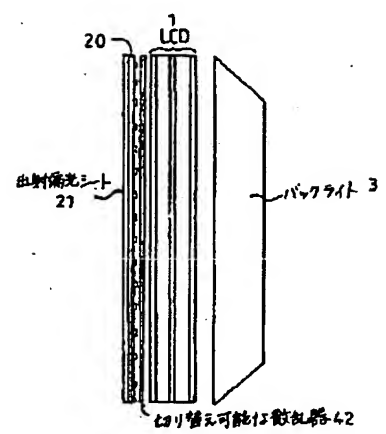
【図10】



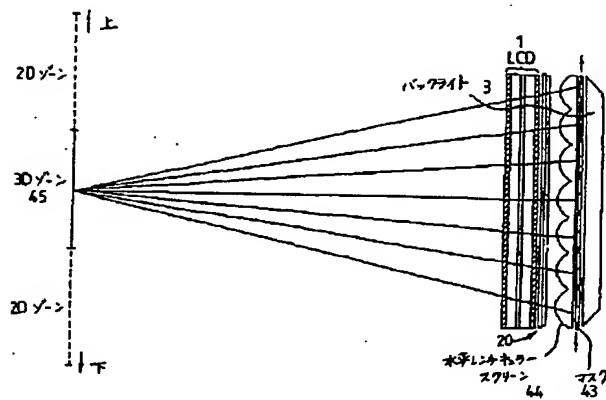
【図11a】



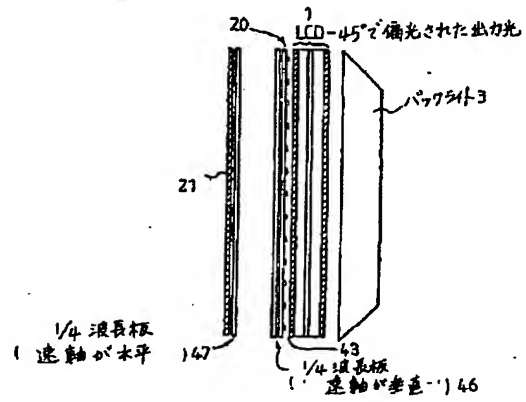
【図11b】



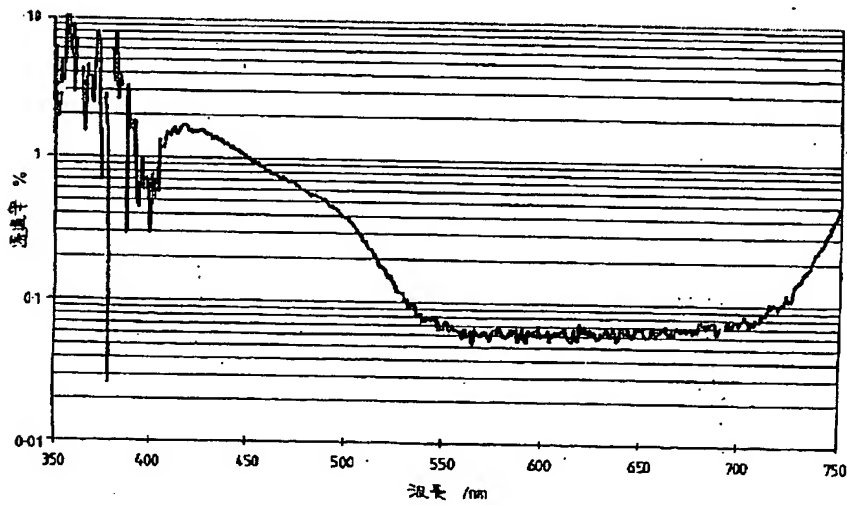
【図12】



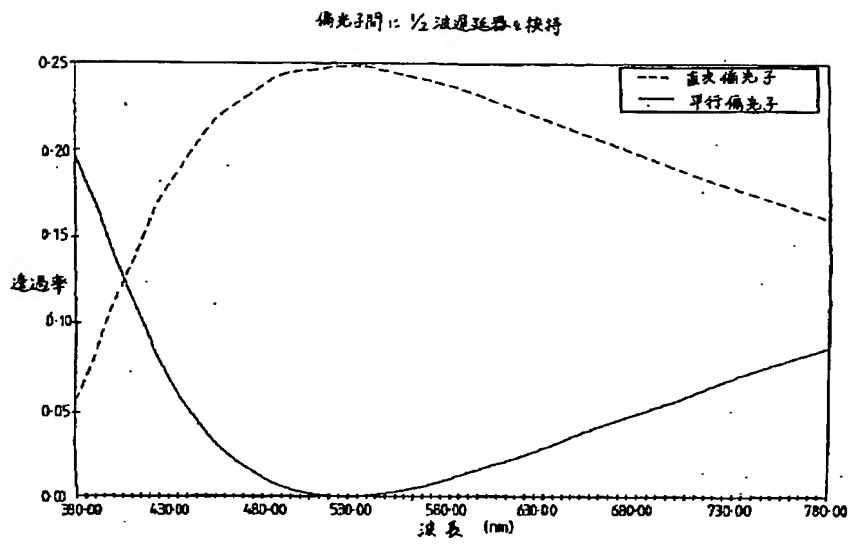
【図21】



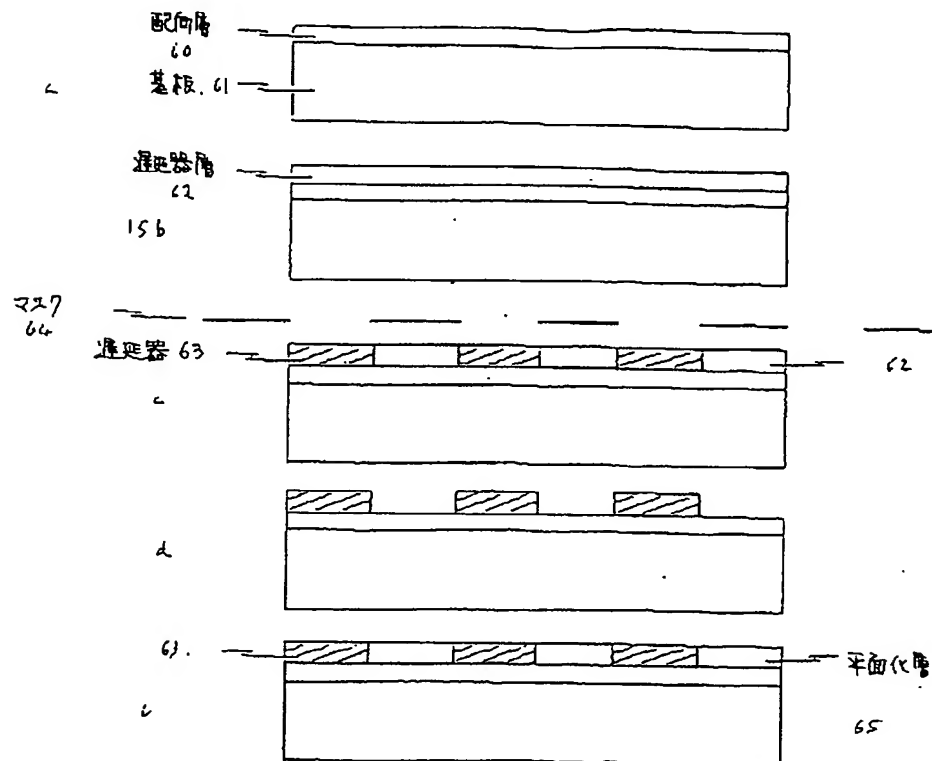
【図14】



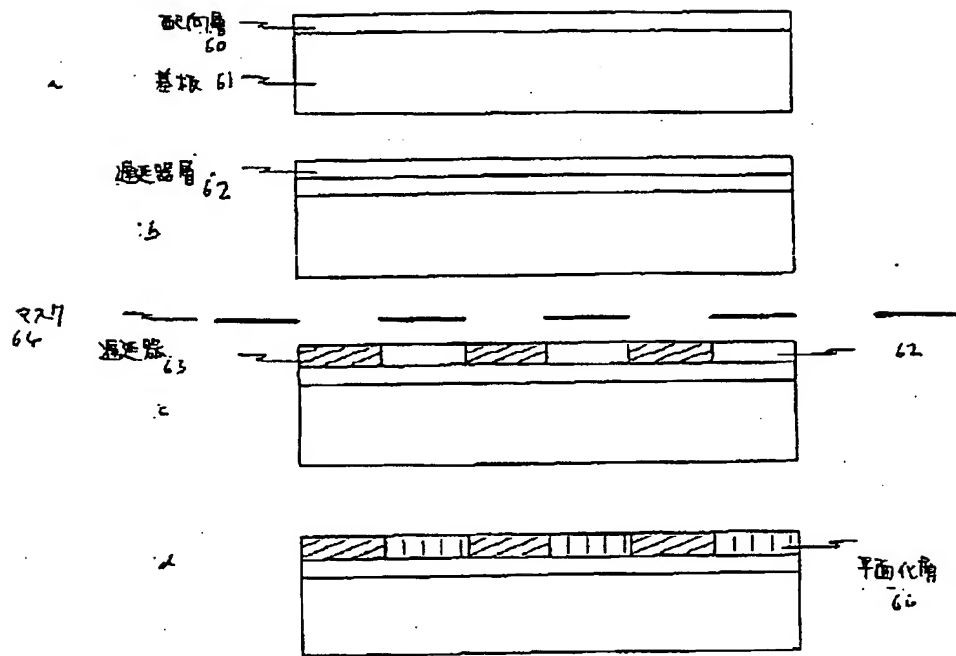
【図13】



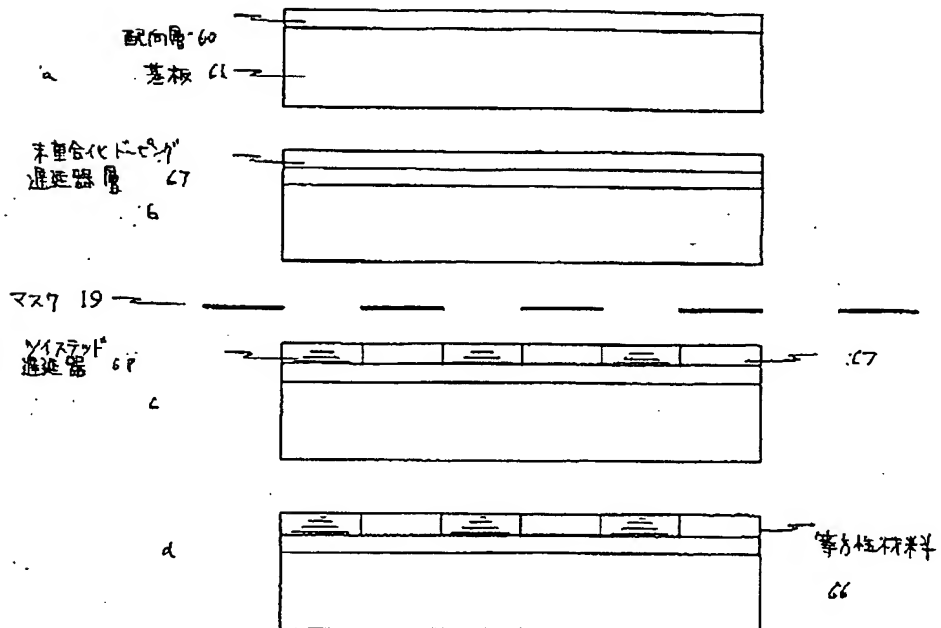
【図15】



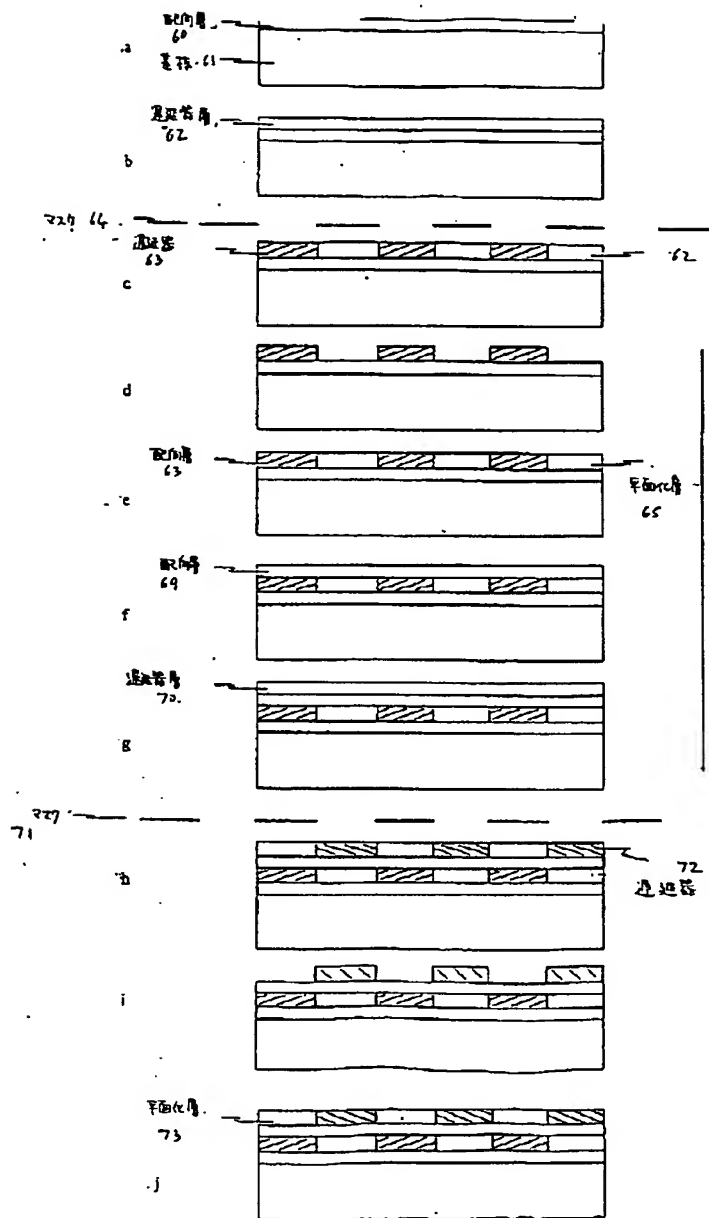
【図16】



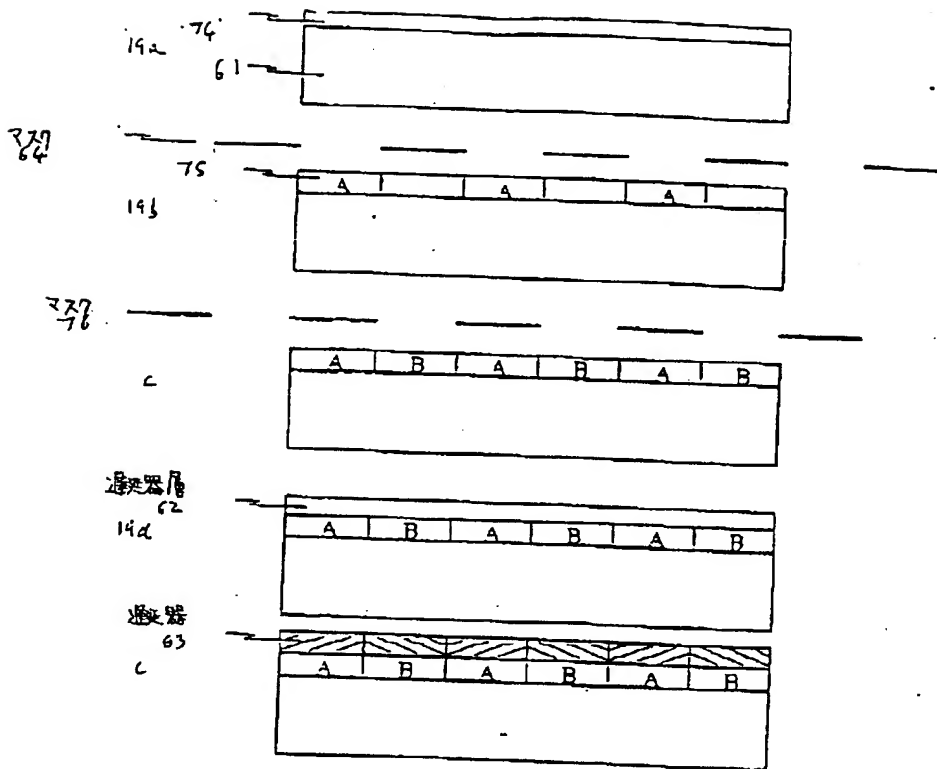
【図17】



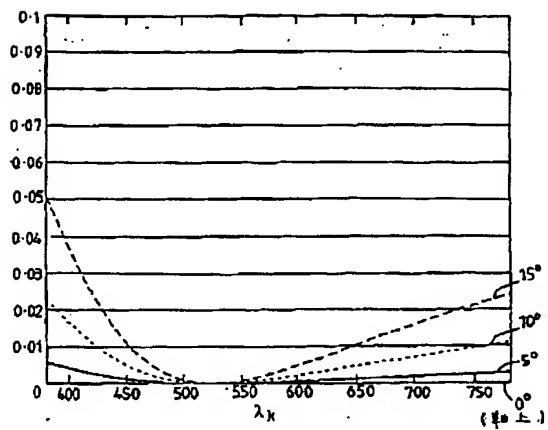
【図18】



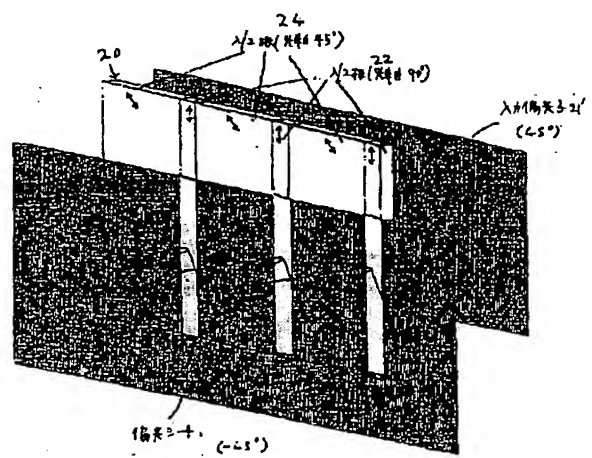
【図19】



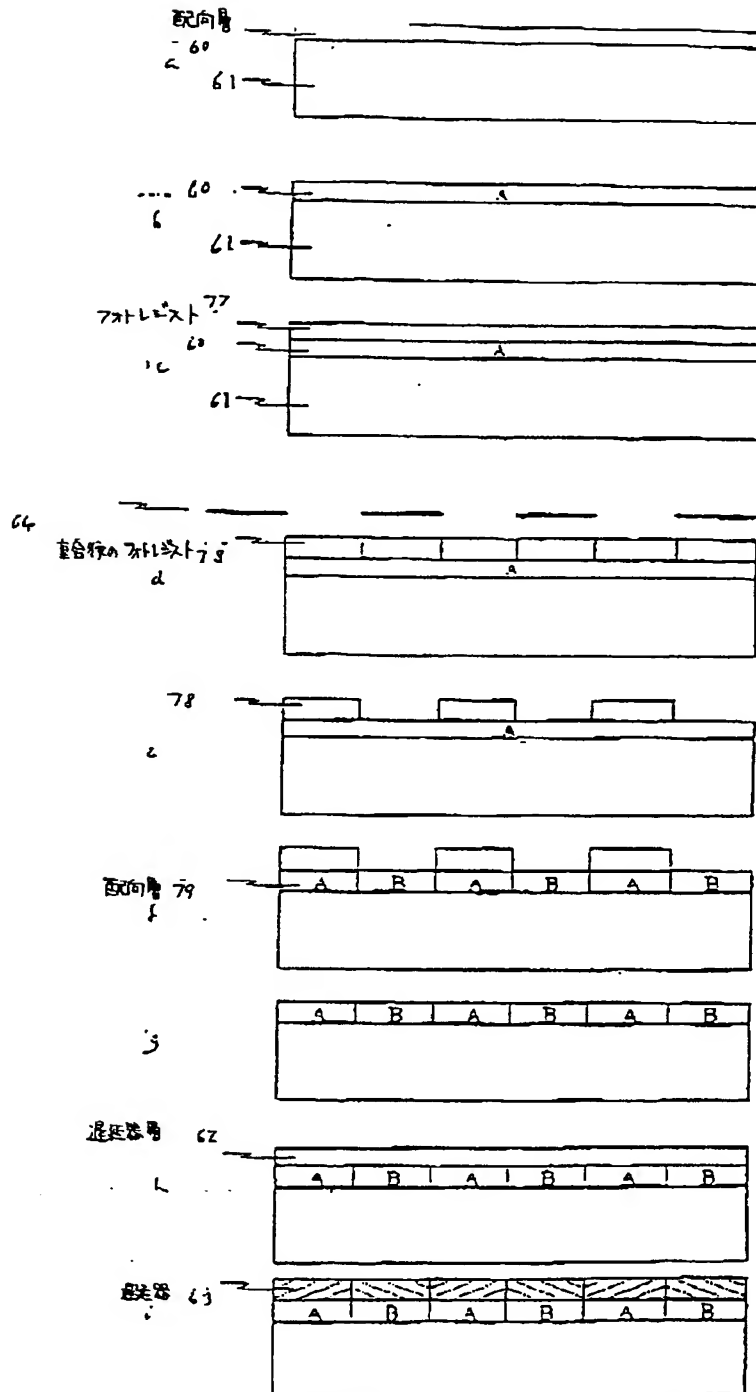
【图22】



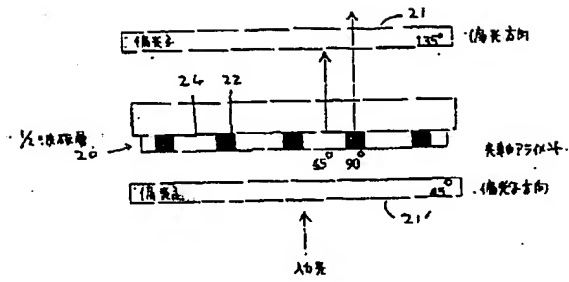
【图24】



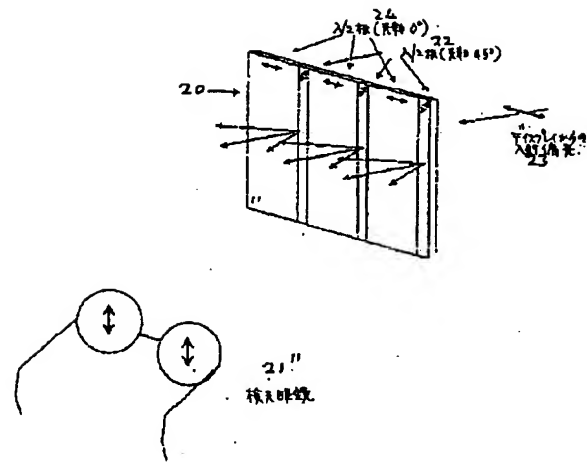
【図20】



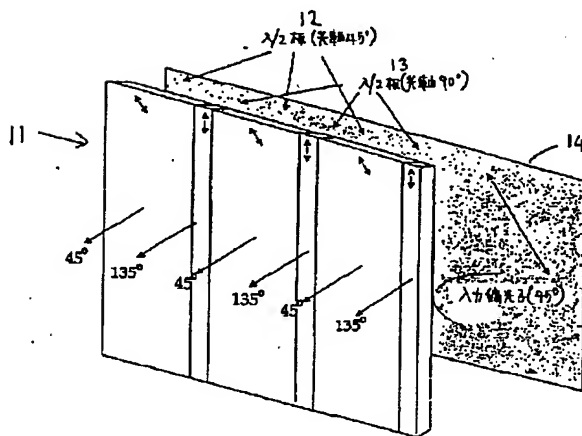
【図25】



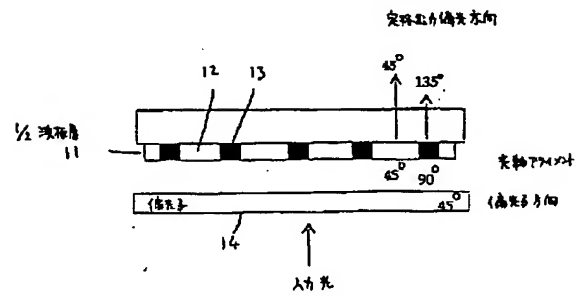
【図26】



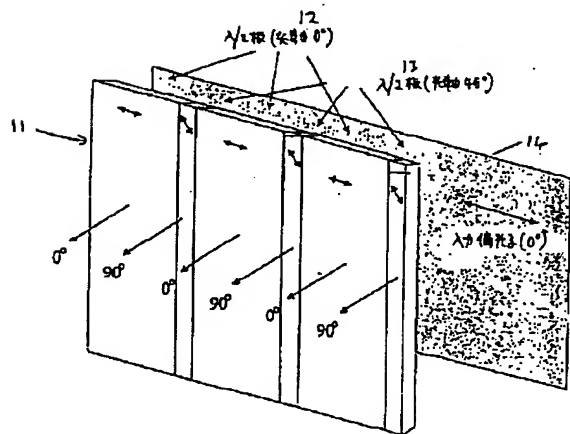
【図27】



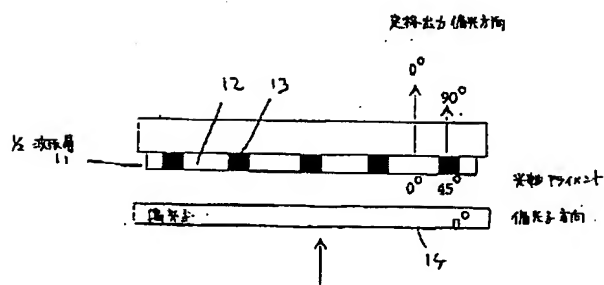
【図28】



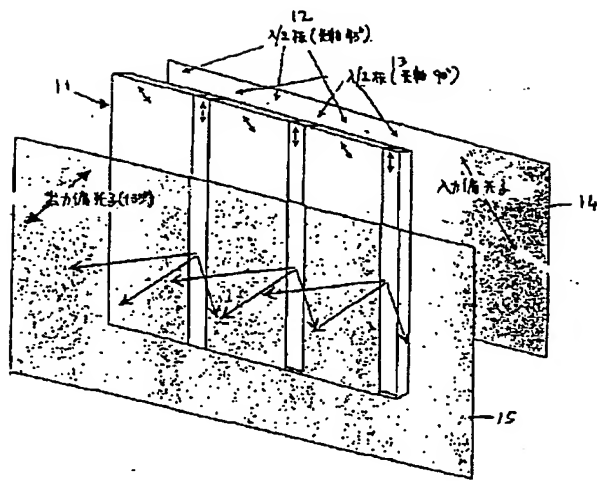
【図29】



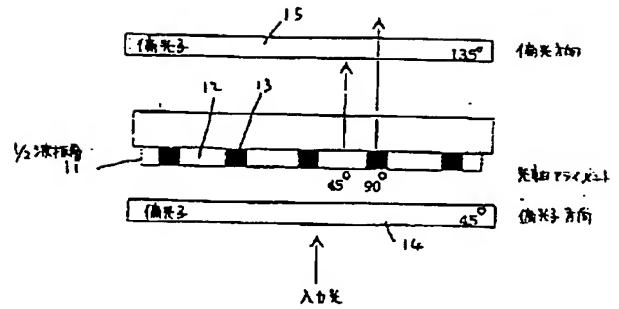
【図30】



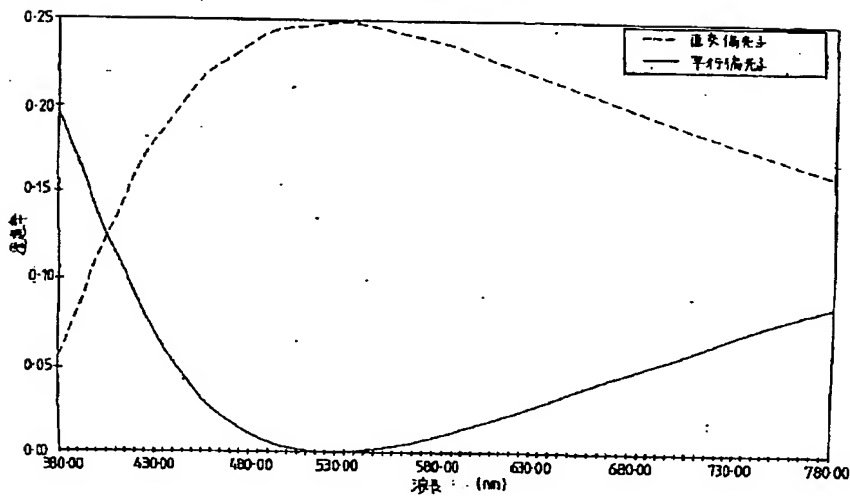
【図31】



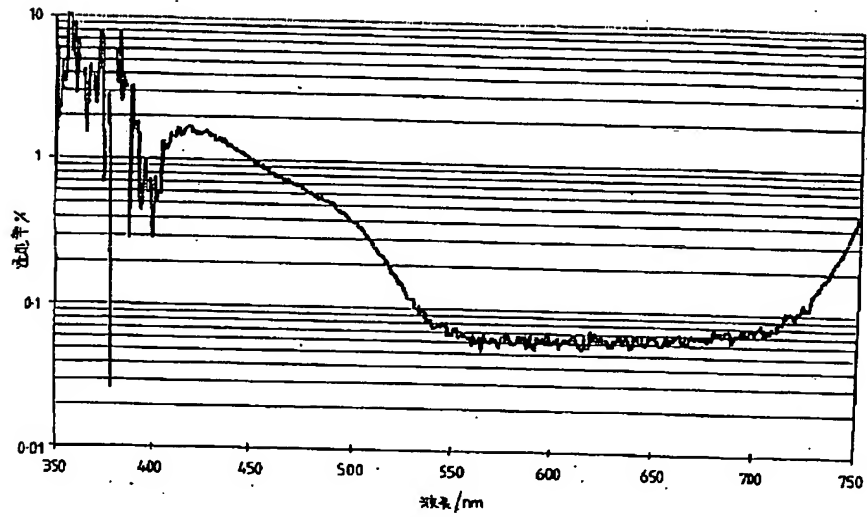
【図32】



【図33】

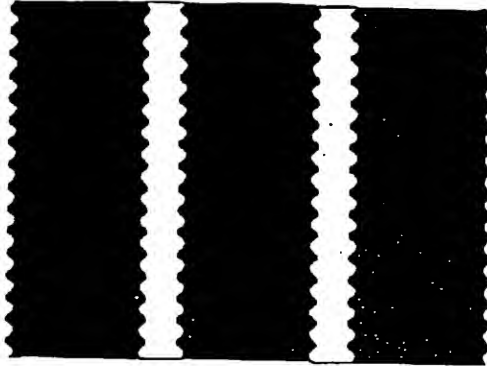
 $\frac{1}{2}$ 波長差と特性

【図34】

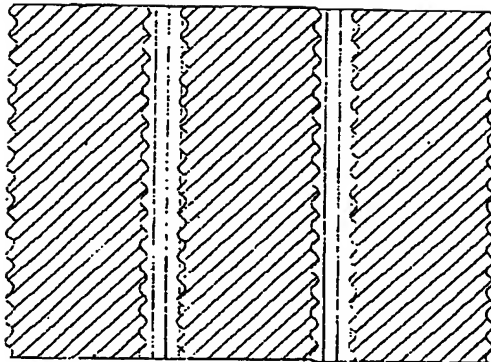


【図35】

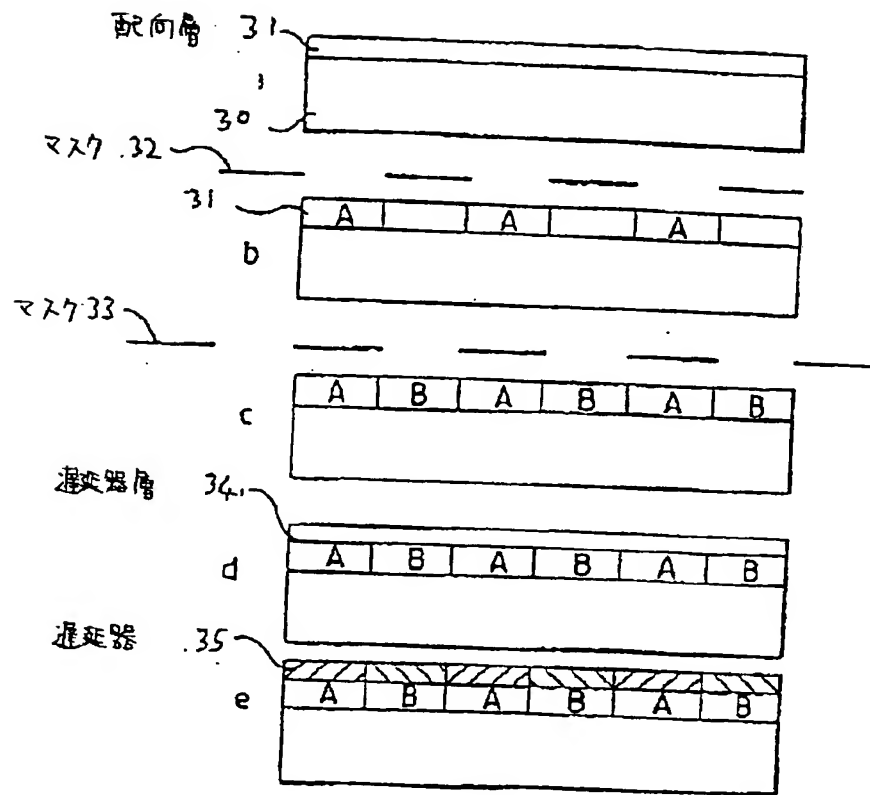
マス外観 20



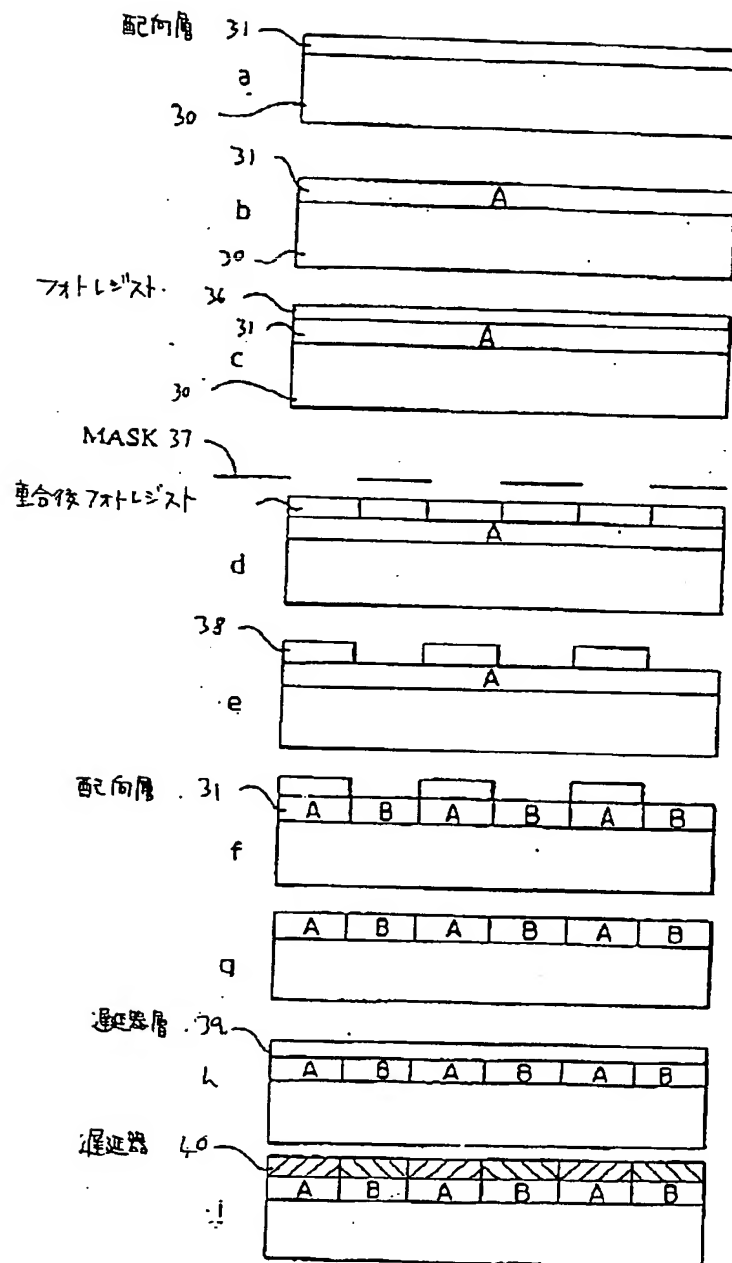
面21の層a 配向 21



【図36】



【図37】



フロントページの続き

(72)発明者 アドリアン ジャコブス
イギリス国 オーエックス4 オックスフ
ォード, リトルモア, チャペル レー
ン 7

(72)発明者 ジョナサン ハロルド
イギリス国 オーエックス2 Oビーエフ
オックスフォード, ヘンリー ロー
ド, オスニー ミューズ 5

(72)発明者 デービッド エズラ
イギリス国 オーエックス10 0アールエ
ル オックスフォードシャー, ウォーリ
ンフォード, ブライトウェル-カム-ソ
トウェル, モンクス メッド 19